

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-167187

(43)Date of publication of application : 13.06.2003

(51)Int.Cl.

G02B 13/00

G02B 13/18

G11B 7/135

(21)Application number : 2001-330606

(71)Applicant : KONICA CORP

(22)Date of filing : 29.10.2001

(72)Inventor : KIMURA TORU

(30)Priority

Priority number : 2001185961

Priority date : 20.06.2001

Priority country : JP

2001284408

19.09.2001

JP

(54) OBJECTIVE LENS, OPTICAL PICKUP APPARATUS, AND RECORDING AND/OR REPRODUCING APPARATUS

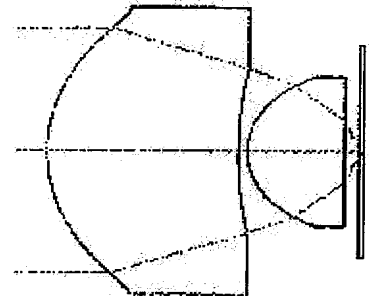
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an objective lens for recording/reproducing information of an optical information recording medium, a lens that is lightweight and can be mass produced inexpensively, that is composed of two positive lens group with a numerical aperture larger than 0.85, that is suitable for an optical pickup apparatus having a light source wavelength of 500 nm or below and well-compensated in chromatic aberration, with an operating distance greatly secured, and also to provide an optical pickup apparatus as well as a recording and/or reproducing apparatus.

SOLUTION: The objective lens for recording and/or reproducing information of an optical information recording medium comprises a first lens group having a positive refractive power and a second lens group having a passive refractive power arranged in this order from a light source side of the objective lens. The first and second lens groups are made of a plastic material respectively, and the following formula is satisfied:

$NA > 0.85$ (where NA is an image side predetermined numerical aperture necessary for recording or reproducing information of the optical information recording medium).

実施例 1



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-167187

(P2003-167187A)

(43) 公開日 平成15年6月13日 (2003.6.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B 13/00		G 0 2 B 13/00	2 H 0 8 7
13/18		13/18	5 D 1 1 9
G 1 1 B 7/135		G 1 1 B 7/135	A 5 D 7 8 9

審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2001-330606 (P2001-330606)
(22) 出願日	平成13年10月29日 (2001. 10. 29)
(31) 優先権主張番号	特願2001-185961 (P2001-185961)
(32) 優先日	平成13年6月20日 (2001. 6. 20)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)
(31) 優先権主張番号	特願2001-284408 (P2001-284408)
(32) 優先日	平成13年9月19日 (2001. 9. 19)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)

(71) 出願人	000001270 コニカ株式会社 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
(72) 発明者	木村 徹 東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株式会社内
(74) 代理人	10010/272 弁理士 田村 敬二郎 (外1名)

最終頁に続く

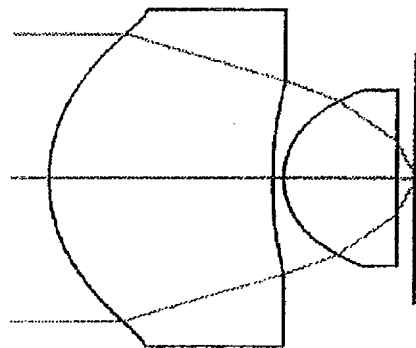
(54) 【発明の名称】 対物レンズ、光ピックアップ装置及び記録・再生装置

(57) 【要約】

【課題】 軽量で安価に大量生産でき、2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされ、光源波長が500nm以下の光ピックアップ装置に適し色収差が良好に補正され作動距離を大きく確保した光情報記録媒体の情報の記録・再生用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供する。

【解決手段】 この対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用であり、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、第1レンズ群及び第2レンズ群はそれぞれプラスチック材料から形成され、 $NA > 0.85$ を満たす (NA: 光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数)。

実施例 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群はそれぞれプラスチック材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。
 $NA > 0.85$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項2】 波長が500nm以下の光源を有する光ピックアップ装置に用いられる光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA > 0.85$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項3】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、少なくとも1つの面上に輪帯上の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA > 0.85$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項4】 次式を満たすことを特徴とする請求項3に記載の対物レンズ。

$$0.5 \leq (\nu d 1 + \nu d 2) / (2 f^2 NA^2) \sum (-2 n_i b_{2i} h_i^2) \leq 5.0$$

但し、 $\nu d 1$ ：第1レンズ群のd線のアッペ数

$\nu d 2$ ：第2レンズ群のd線のアッペ数

f：屈折レンズと回折構造とを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

b_{2i} ：第i面に形成された回折構造を $\Phi b = n_i (b_{2i} h_i^2 + b_{4i} h_i^4 + b_{6i} h_i^6 + \dots)$ により定義される光路差関数で表したときの（ここで、 n_i は第i面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 h_i は光軸からの高さ（mm）であり、 b_{2i} 、 b_{4i} 、 b_{6i} 、 \dots は、それぞれ2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）2次の光路差関数係数

n_i ：第i面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数

h_i ：回折構造が形成された第i面の有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する第i面上の位置）の光軸からの高さ（mm）

【請求項5】 前記光源の波長を λ （mm）、前記対物レンズ全系の焦点距離をf（mm）、前記第i面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を n_i 、第i面の有効径内の回折構造の輪帯数を M_i 、第i面の有効径内の回折構造の輪帯間隔の最小値を P_i （mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項3または4に記載の対物レンズ。

$$0.05 \leq f \lambda \sum (n_i / (M_i P_i^2)) \leq 0.70$$

【請求項6】 前記第i面に形成された回折構造で発生する n_i 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生するために前記回折構造で発生した n_i 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項3乃至5のいずれか1項に記載の対物レンズ。ここで、 n は0、 ± 1 以外の整数である。

【請求項7】 次式を満たすことを特徴とする請求項3乃至6のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.2 \leq |(Ph/Pf) - 2| \leq 6.0$$

但し、Pf：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数における回折輪帯間隔（mm）

Ph：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数の1/2の開口数における回折輪帯間隔（mm）

【請求項8】 回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とをあわせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした際に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、次式を満たすことを特徴とする請求項3乃至7のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0$$

但し、 ΔCA ：波長の変化に対する軸上色収差の変化量（mm）

ΔSA ：波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量（mm）

【請求項9】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、少なくとも一方のレンズ群は屈折作用をもつガラスレンズと、一方の面で前記ガラスレンズに接合され、他方の面に光学面が形成されたプラスチック材料からなる光学素子とから構成される複合レンズであって、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA > 0.85$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項10】 前記ガラスレンズは球面レンズである

ことを特徴とする請求項9に記載の対物レンズ。

【請求項11】 前記プラスチック材料に形成された光学面は非球面であることを特徴とする請求項9または10に記載の対物レンズ。

【請求項12】 前記プラスチック材料に形成された光学面は、輪帯状の回折構造を有する回折面であることを特徴とする請求項9乃至11のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項13】 前記プラスチック材料は、紫外線硬化樹脂であることを特徴とする請求項9乃至12のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項14】 前記第1レンズ群の光束入射面の有効径を D_{IN} (mm)としたとき、

$$D_{IN} < 4.5 \text{ mm}$$

を満たし、

前記対物レンズの作動距離を WD (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至13のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.85 < NA < 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.020 < WD/D_{IN} < 0.150$$

$$NA \geq 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.015 < WD/D_{IN} < 0.120$$

【請求項15】 次式を満たすことを特徴とする請求項14に記載の対物レンズ。

$$0.85 < NA < 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.050 < WD/D_{IN} < 0.150$$

$$NA \geq 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.025 < WD/D_{IN} < 0.120$$

【請求項16】 光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、前記レンズ群のうち一方がガラスレンズであり、他方がプラスチックレンズであり、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA > 0.85$$

但し、 NA ：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項17】 前記ガラスレンズの比重を ρG 、前記プラスチックレンズの比重を ρP としたとき、

$$\rho G > \rho P$$

を満たし、

前記第1レンズ群および第2レンズ群のうち、体積が大きい方のレンズ群が前記プラスチックレンズであって、前記ガラスレンズの d 線の屈折率を nG 、前記プラスチックレンズの d 線の屈折率を nP としたとき、

$$nG > nP$$

を満たし、

前記第1レンズ群および第2レンズ群のうち、最も光源側の面上のマージナル光線が通過する位置での接平面と光軸とがなす角が大きい方のレンズ群が前記ガラスレン

ズであることを特徴とする請求項16に記載の対物レンズ。

【請求項18】 前記第1レンズ群が前記プラスチックレンズであって、前記第2レンズ群が前記ガラスレンズであることを特徴とする請求項16または17に記載の対物レンズ。

【請求項19】 次式を満たすことを特徴とする請求項16乃至18のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$1.0 < nG/nP < 1.2$$

【請求項20】 前記第1レンズ群の光束入射面の有効径を D_{IN} (mm)としたとき、

$$D_{IN} < 4.5 \text{ mm}$$

を満たし、

前記対物レンズの作動距離を WD (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項16乃至19のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.85 < NA < 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.020 < WD/D_{IN} < 0.150$$

$$NA \geq 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.015 < WD/D_{IN} < 0.120$$

【請求項21】 次式を満たすことを特徴とする請求項20に記載の対物レンズ。

$$0.85 < NA < 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.030 < WD/D_{IN} < 0.150$$

$$NA \geq 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.020 < WD/D_{IN} < 0.120$$

【請求項22】 光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、少なくとも一方のレンズ群は d 線の屈折率が1.8以上の材料から形成された高屈折率レンズであって、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA > 0.85$$

但し、 NA ：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項23】 前記高屈折率レンズを形成する材料は、 TeO_2 を主構成成分とするテルライトガラスであって、前記テルライトガラスは TeO_2 を60～95mol%含むことを特徴とする請求項22に記載の対物レンズ。

【請求項24】 前記高屈折率レンズは単結晶から形成されていることを特徴とする請求項22に記載の対物レンズ。

【請求項25】 前記単結晶は、 SrNbO_3 、 SrTaO_3 、 CaNbO_3 、 CaTaO_3 、 CaTiO_3 、 KNbO_3 、 KTaO_3 、 BaZrO_3 、 SrZrO_3 、 CaZrO_3 、 $\text{K}(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_3$ 、 ZnWO_4 、 ZnMoO_4 、 CdWO_4 、 CdMoO_4 、 PbWO_4 、 $\text{Bi}_{20}\text{SiO}_{12}$ 、 $\text{Bi}_{20}\text{GeO}_{12}$ 、 Bi_4

$\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ 、GaP、GaN、ZnTe、ZnSe、 Cu_3TaSe_4 、ZnS、及び
(Na_x, Ba_y)(Nb_x, Ti_y) O_3 ($0.35 \leq x \leq 0.40$, $y = 1 - x$) のうちいずれかの単結晶であることを特徴とする請求項24に記載の対物レンズ。

【請求項26】 前記第1レンズ群の光束入射面の有効径を D_{IN} (mm) としたとき、

$$D_{IN} < 4.5 \text{ mm}$$

を満たし、前記対物レンズの作動距離をWD (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項22乃至25のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.85 < \text{NA} < 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.060 < \text{WD}/D_{IN} < 0.180$$

$$\text{NA} \geq 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.040 < \text{WD}/D_{IN} < 0.150$$

【請求項27】 次式を満たすことを特徴とする請求項22乃至26のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-0.1 \leq (X2 - X3)/f / (1 + |m|) \leq 0.1$$

X2: 光軸に垂直で第1レンズ群の最も光情報記録媒体側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記NAのマージナル光線が入射する第1レンズ群の最も光情報記録媒体側の面上の位置)における第1レンズ群の最も光情報記録媒体側の面との光軸方向の差で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

X3: 光軸に垂直で第2レンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記NAのマージナル光線が入射する第2レンズ群の最も光源側の面上の位置)における第2レンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

f: 対物レンズ全系の焦点距離 (mm)

m: 対物レンズの物側開口数を NA_{OBJ} 、像側開口数を NA_{IMG} としたとき、

$\text{NA}_{OBJ}/\text{NA}_{IMG}$ で定義される前記対物レンズの横倍率

【請求項28】 少なくとも1つの面上に輪帯上の回折構造を有し、前記光源の波長を λ (mm)、前記対物レンズ全系の焦点距離をf (mm)、前記第i面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を n_i 、第i面の有効径内の回折構造の輪帯数を M_i 、第i面の有効径内の回折構造の輪帯間隔の最小値を P_i (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項22乃至27のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.50 \leq f / \lambda \sum (n_i / (M_i P_i^2)) \leq 3.0$$

【請求項29】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至28のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.85 < \text{NA} < 0.99$$

【請求項30】 第1レンズ群の最も光源側の面、第1

レンズ群の最も光情報記録媒体側の面、および第2レンズ群の最も光源側の面のうち、少なくとも2つの面が非球面であることを特徴とする請求項1乃至29のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項31】 第2レンズ群の最も光情報記録媒体側の面は球面であることを特徴とする請求項1乃至30のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項32】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至31のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$|m| = 0$$

但し、m: 対物レンズの物側開口数を NA_{OBJ} 、像側開口数を NA_{IMG} としたとき、 $\text{NA}_{OBJ}/\text{NA}_{IMG}$ で定義される前記対物レンズの横倍率

【請求項33】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至31のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.01 < |m| < 0.30$$

【請求項34】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至33のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.6 \leq (f1/f2)/(1 + |m|) \leq 6.0$$

但し、f1: 第1レンズ群の焦点距離 (mm)

f2: 第2レンズ群の焦点距離 (mm)

【請求項35】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至34のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-0.3 \leq (X1' - X3') / ((\text{NA})^4 f (1 + |m|)) \leq 0.2$$

$$X1' = X1 (N1 - 1)^3 / f1$$

$$X3' = X3 (N2 - 1)^3 / f2$$

但し、X1: 光軸に垂直で第1レンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記NAのマージナル光線が入射する第1レンズ群の最も光源側の面上の位置)における第1レンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

X3: 光軸に垂直で第2レンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記NAのマージナル光線が入射する第2レンズ群の最も光源側の面上の位置)における第2レンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

N1: 第1レンズ群の使用波長における屈折率(但し、第1レンズ群が複合レンズである場合は、母体となるガラスレンズの屈折率)

N2: 第2レンズ群の使用波長における屈折率(但し、第2レンズ群が複合レンズである場合は、母体となるガラスレンズの屈折率)

f: 対物レンズ全系の焦点距離 (mm)

【請求項36】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至35のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.4 \leq r1 / ((N1 - 1) f1) \leq 2.0$$

$$0.7 \leq r_3 / ((N_2 - 1) f_2) \leq 2.1$$

但し、 r_1 ：第1レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径（mm）（但し、第1レンズ群が光源側の面にプラスチック材料が接合された複合レンズである場合は、母体となるガラスレンズの最も光源側の面の近軸曲率半径（mm））

r_3 ：第2レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径（mm）（但し、第2レンズ群が光源側の面にプラスチック材料が接合された複合レンズである場合は、母体となるガラスレンズの最も光源側の面の近軸曲率半径（mm））

【請求項37】 前記対物レンズは光情報記録媒体の情報記録面を保護している保護層の厚さ t に対応した球面収差補正がなされ、次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至34のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.0 \text{ mm} \leq t < 0.15 \text{ mm}$$

【請求項38】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、を備え、前記情報記録面からの反射光を検出することで前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置であって、前記対物レンズとして請求項1乃至37のいずれか1項に記載の対物レンズを有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項39】 請求項38に記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする音声および／または画像の記録装置、および／または、音声および／または画像の再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光情報記録媒体の情報の記録および再生の少なくともいずれか一方のための対物レンズ、この対物レンズを含む光ピックアップ装置、及びこの光ピックアップ装置を含む記録・再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、発振波長400nm程度 of 青紫色半導体レーザや青紫色SHGレーザ等の光源と、開口数が0.85程度まで高められた2群構成の対物レンズを用いた新しい高密度記録光ピックアップシステムの研究・開発が進んでいる。光ディスクや光磁気ディスク等の光学記録媒体の記録密度は、対物レンズによって情報記録面上に集光されるスポットの面積（ $\propto (\lambda/NA)^2$ 、但し、 λ は光源の波長、NAは対物レンズの開口数）に反比例して増大するとは周知の事実である。光学記録媒体の高密度化を図るには、対物レンズの開口数を高くするほかに、光源波長を短くするという方法があるが、400nmより短い波長領域ではレンズ材料の光透過率が急激に低下するために実用上十分な光利用効率が

得られないという問題がある。したがって、新しい光ピックアップシステムでは、よりいっそうの高密度化のために対物レンズの更なる高開口数化が要求されることが予想される。

【0003】ところが、対物レンズの焦点深度 d は、開口数の二乗に反比例するので、開口数が大きくなるほど焦点深度は小さくなり、対物レンズのフォーカシング用のアクチュエータに要求される応答速度や精度は益々高くなる。そのため、対物レンズはできるだけ軽量であるのが望ましい。

【0004】また、対物レンズの焦点深度が小さくなると、光源に対物レンズのフォーカシングが追従できないような瞬時的な波長変動がおきた場合に生じるデフォーカス成分が大きくなる。したがって、開口数が大きくなるほどより厳しく対物レンズの色収差を補正しなければならない。

【0005】一方、光源の波長が短くなるほど、次に述べる理由によりレンズ面での散乱光による入射光の透過率が問題となる。レンズ面をダイヤモンドバイトで加工した金型による成形法で形成する場合、レンズの表面には、光学面形状のほかに、金型を加工する際に加工面に生じた微細な凹凸であるツールマークが転写される。ここで、レンズ面一面あたりの散乱光の入射光に対する比 r は、入射光の波長 λ 、レンズ材料の屈折率 n 、及びツールマークに起因する光学面の表面粗さの平均二乗平方根 H_{rms} に対し、

$$r = (2\pi/\lambda)^2 (n-1)^2 H_{rms}^2$$

の関係がある。したがって、波長が短くなるほど r は大きくなるので、入射光の透過率が小さくなる。入射光の散乱による透過率の低下を防ぐには、 H_{rms} を小さく抑えなければならない。

【0006】また、対物レンズの開口数が大きくなると、対物レンズ最終面からのマージナル光線の出射傾角が大きくなるので、対物レンズの作動距離が短くなる。単レンズに比べて作動距離の短くなりがちな2群構成の対物レンズの設計においては、作動距離の十分な確保は光記録媒体の破壊を防ぐ意味で重要な問題である。ところが、十分な作動距離を確保した場合、第2レンズ群の最も光源側の面上のマージナル光線が通過する位置での接平面と光軸とがなす角（以下、見込角とよぶ）が大きくなり過ぎてしまい、ダイヤモンドバイトによる金型加工が正確にできなくなってしまう恐れがある。

【0007】また、2群構成の対物レンズであって、NAを0.9程度まで高めた対物レンズが特開平10-123410号公報、特開平10-82951号公報に記載されているが、これらの対物レンズでは、対物レンズの光束入射面の有効径に対する作動距離の比が小さいため、十分な作動距離を確保しようとする対物レンズの光束入射面の有効径が大きくなり過ぎてしまい、光ピックアップ装置の大型化が招来されるという問題がある。

さらには、作動距離が小さいと、対物レンズの最も光情報記録媒体側のレンズ面における有効径が小さくなるので、該レンズ面での有効径内の光のエネルギー密度が高くなる。そのため、該レンズ面に400nm程度の短波長光束が長時間照射された場合、該レンズ面の反射防止コートや該レンズ面近傍のレンズ材料が破壊される恐れがある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、軽量でかつ射出成形によって安価に大量生産できる2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0009】また、光源の波長が500nm以下、特に400nm程度の光ピックアップ装置に用いられるのに適した、2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0010】また、回折構造によりレンズ枚数を増やすことなく色収差が良好に補正された2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0011】また、ツールマークによる散乱の影響が小さく、かつ安価に生産できる2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0012】また、作動距離を大きく確保しても、ダイヤモンドバイトによる金型加工が正確にできる2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0013】また、小径でありながら作動距離が十分確保された2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0014】さらに、この対物レンズを搭載した光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明による第1の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群はそれぞれプラスチック材料から形成され、次式(1)を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0016】 } NA > 0.85 \quad (1)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うの

に必要な所定の像側開口数

【0017】この対物レンズによれば、光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数(NA)を0.85より大とすることで、情報記録面上に集光するスポットのサイズをより小さくできるので、光情報記録媒体の記録密度をより高めることができる。また、本発明による高NA対物レンズは2つの正レンズ群で構成されるので、光線に対する屈折力が4つの面に分配される結果、各面での収差の発生量が小さく、高NAの光束においても球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができ、かつ各面の偏心など誤差による諸収差の劣化が少なく製造しやすい対物レンズとすることができる。さらに、第1レンズ群、および第2レンズ群ともにプラスチック材料から形成されるので、体積の大きい2群構成の高NA対物レンズであっても、重量、慣性が小さいので、フォーカシング用のアクチュエータへの負担を軽減でき、さらにアクチュエータによる対物レンズのより精緻な位置制御が可能となる。その結果、フォーカシング誤差の低減、アクチュエータの小型化、アクチュエータの省電力化等が達成できる。また、光情報記録媒体と接触した場合に光情報記録媒体の破損を防ぐことができる。さらに、金型を用いた射出成形法により、安価に大量生産できる。

【0018】なお、プラスチック材料としては、使用波長領域で厚さ3mmにおける光透過率が85%以上であって飽和吸水率が0.5%以下である材料が好ましい。このようなプラスチック材料として、ポリオレフィン系樹脂が望ましく、ポリオレフィン系のうちノルボルネン系樹脂がより望ましい。

【0019】また、本発明による第2の対物レンズは、波長が500nm以下の光源を有する光ピックアップ装置に用いられる光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、次式(2)を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0020】 } NA > 0.85 \quad (2)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0021】この対物レンズによれば、使用波長(光源の波長)を500nm以下とすることで、情報記録面上に集光するスポットのサイズを小さくできるので、光情報記録媒体の記録密度をより高めることができる。使用波長が500nm以下、特に450nm以下となると、レンズ材料の光透過率が問題となるので、380nm以上の波長領域で厚さ3mmにおける光透過率が85%以上であるレンズ材料から形成されるのが好ましい。これにより、光源の出力が小さくてすむので、光源の寿命を延ばすことができ、また、情報の再生時の読み出し信号のS/N比を良くすることができる。

【0022】なお、波長が500nm以下の光源として

は、GaN等のIII-V族窒化物半導体レーザや、SHGレーザを用いることができる。

【0023】また、本発明による第3の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、少なくとも1つの面上に輪帯上の回折構造を有し、次式(3)を満たすことを特徴とする。

$$【0024】NA>0.85 \quad (3)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0025】光源である半導体レーザから出射されるレーザ光は一般に単波長（シングルモード）であり、色収差はないと思われているが、実際には温度変化や出力変化等により中心波長が瞬時的に数nmとぶ、モードホッピングを起こす場合がある。対物レンズの焦点深度dは、よく知られているように $d=\lambda/(NA)^2$ （ λ は光源の波長、NAは対物レンズの開口数）で表される。したがって、NAが大きくなるほど焦点深度は小さくなるので、NAが0.85より大とされた対物レンズでは半導体レーザのモードホッピングにより生じる色収差に

$$0.5 \leq (\nu d_1 + \nu d_2) / (2 f^2 NA^2) \sum (-2 n_i b_{2i} h_i^2) \leq 5 \quad (4)$$

但し、 νd_1 ：第1レンズ群のd線のアッベ数

νd_2 ：第2レンズ群のd線のアッベ数

f：屈折レンズと回折構造とを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

b_{2i} ：第i面に形成された回折構造を $\Phi b = n_i (b_{2i} h_i^2 + b_{4i} h_i^4 + b_{6i} h_i^6 + \dots)$ により定義される光路差関数で表したときの（ここで、 n_i は第i面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 h_i は光軸からの高さ（mm）であり、 b_{2i} 、 b_{4i} 、 b_{6i} 、 \dots は、それぞれ2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）2次の光路差関数係数

n_i ：第i面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数

h_i ：回折構造が形成された第i面の有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する第i面上の位置）の光軸からの高さ（mm）

$$0.05 \leq f \lambda \sum (n_i / (M_i P_i^2)) \leq 0.70 \quad (5)$$

【0030】上述の(5)式を満たすように上記対物レンズの回折構造を決定することで、波長500nm以下の半導体レーザのモードホッピングによって対物レンズで発生する色収差を良好に補正することができる。

(5)式の下限以上で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の色収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の色収差が補正過剰になり過ぎ

るデフォーカスは許容できない問題となるため、対物レンズの色収差補正を補正する必要がある。さらに、一般的な光学材料では、波長が短くなるほど波長変化による屈折率変化が大きくなるので、短波長半導体レーザを使用する場合、モードホッピングにより対物レンズでは色収差が大きく発生する。光源の波長が短くなるほど対物レンズの焦点深度は小さくなるので、わずかなデフォーカスさえも許されなくなり、短波長半導体レーザを使用する場合には対物レンズの色収差補正の必要性は益々高くなる。色収差を補正する方法としては、例えば第1レンズ群を相対的にアッベ数の大きい正レンズと相対的にアッベ数の小さい負レンズとの接合ダブルレットとする方法があるが、この場合、第1レンズ群の重量が大きくなってしまいうので、フォーカシング用のアクチュエータへの負担という観点上好ましくない。そこで、第3の対物レンズのように、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造を設ければ、レンズ枚数を増やすことなく色収差の補正をすることができる。

【0026】また、第3の対物レンズにおいて次式(4)を満たすことが好ましい。

【0027】上述の(4)式を満たすように上記対物レンズの回折構造を決定することで、波長500nm以下の半導体レーザのモードホッピングによって対物レンズで発生する色収差を良好に補正することができる。

(4)式の下限以上で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の色収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の色収差が補正過剰になり過ぎない。

【0028】また、第3の対物レンズにおいて前記光源の波長を λ （nm）、前記対物レンズ全系の焦点距離をf（mm）、前記第i面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を n_i 、第i面の有効径内の回折構造の輪帯数を M_i 、第i面の有効径内の回折構造の輪帯間隔の最小値を P_i （mm）としたとき、次式(5)を満たすことが好ましい。

【0029】

ぎない。

【0031】また、第3の対物レンズは、前記第i面に形成された回折構造で発生する n_i 次回折光量が他のいづれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生するために前記回折構造で発生した n_i 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することが好ましい。ここで、 n は0、 ± 1 以外の整数である。

【0032】このように、2次以上の高次の回折光を利用して光情報記録媒体への情報の記録および／または再生を行う対物レンズにおいて、回折構造を2次以上の高次の回折光の回折効率が最大となるように形成すると、各輪帯間の段差および各輪帯間の間隔が大きくなり回折構造の形状に対する要求精度が厳しくなりすぎない。一般に1次の回折光を利用する場合に比べ、2次以上を用いる場合では、回折効率の波長変化による低下が大きい

$$0.2 \leq |(Ph/Pf) - 2| \leq 6.0$$

但し、Pf：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数における回折輪帯間隔 (mm)

Ph：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数の1/2の開口数における回折輪帯間隔 (mm)

【0035】このように、回折構造の輪帯間隔すなわち光軸に垂直な方向の輪帯間隔が上述の(6)式を満たすことで、波長変動時の球面収差も良好に補正することができるので、基準波長からずれた発振波長を有する光源を光ピックアップに組み込む際のカップリングレンズ、あるいは対物レンズ、あるいは光源の光軸方向の位置調整が不要となり大幅な光ピックアップの組み立て時間の短縮が達成できる。光路差関数が2次の光路差関数係数(回折面係数ともいう)しか有しないならば、 $(Ph/Pf) - 2 = 0$ となるが、本発明による対物レンズは基準波長からの微少な波長変化によって生じる球面収差の変化を回折の作用により良好に補正するために、光路差関数の高次の光路差関数係数を用いる。このとき、 $(Ph/Pf) - 2$ が0がからある程度離れた値をとることが好ましく、(6)式を満たしていれば、波長変化による球面収差の変化を回折の作用により良好に打ち消すことができる。下限以上で基準波長から波長が変化したときの球面収差が補正過剰になりすぎず、上限以下で基準波長から波長が変化したときの球面収差が補正不足になり過ぎない。

【0036】また、第3の対物レンズにおいて回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とを合わせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした際には、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、次式(7)を満たすことが好ましい。

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0 \quad (7)$$

但し、 ΔCA ：波長の変化に対する軸上色収差の変化量 (mm)

ΔSA ：波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量 (mm)

【0038】NAが0.85より大であって、使用波長が500nm以下の対物レンズでは、色収差の補正に必要な回折構造のパワーが大きいため、隣り合う回折輪帯の間隔が小さくなりがちである。回折輪帯の間隔が小さ

が、単一波長に近い光源を用いる場合には、上記の回折効率の波長変化による低下量はほとんど無視できるほど小さいので、製造し易く十分な回折効率を有した回折構造を有する対物レンズを得ることができる。

【0033】また、第3の対物レンズにおいて次式(6)を満たすことが好ましい。

$$【0034】$$

$$(6)$$

いと、製造誤差による回折効率低下への影響が大きくなるので、実用上好ましくない。そこで、上述のように、回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とを合わせた場合に、光源の波長が長波長側に変動した際のバックフォーカスが、変動する前のバックフォーカスに比して短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、上述の(7)式を満たすようにすると、NAが0.85より大であって、使用波長が500nm以下の対物レンズであっても、回折輪帯の間隔が大きく確保され、それでいて光源がモードホッピングした場合の波面収差のデフォーカス成分が小さい対物レンズとすることができる。

【0039】上述の(7)式は、回折作用により、対物レンズの軸上色収差を補正過剰として基準波長の球面収差カーブと長・短波長側の球面収差カーブ(色の球面収差ともいう)を交差させることを意味する。これにより、光源の波長が変動した際のベストフォーカス位置の移動が小さく抑えられるので、光源がモードホッピングした場合の波面収差のデフォーカス成分を小さくすることができる。

【0040】また、上記のように色収差を補正すると、軸上色収差と色の球面収差とともに補正することで光源がモードホッピングした場合の波面収差のデフォーカス成分を小さくする場合よりも、回折輪帯の間隔を大きくすることができるので、輪帯形状の製造誤差による回折効率の低下の防止を達成できる。

【0041】また、ガラスレンズを金型を用いた成形法で作製する場合、ガラスは比較的融点が高いため、ガラスレンズ成形金型の材料には耐熱性が要求される。そのため、一般的に、ガラスレンズ成形金型用の材料をダイヤモンドで加工する際に形成されるツールマークによる表面粗さは、プラスチックレンズ成形金型用の材料を加工する場合に比べて大きくなる傾向がある。したがって、400nm程度の短波長光源を用いる光ピックアップ用の対物レンズをガラス非球面成形レンズにより構成した場合には、ツールマークによる散乱の影響により光の透過率が低下し、光検出器の受光面上で十分なS/N比が得られない恐れがある。また、成形用の光学ガラス材料は種類が限られているため、レンズ設計時に材料の選択の自由度が小さい。

【0042】一方、プラスチックは融点が高いので、プ

プラスチックレンズ成形金型の材料にはガラスレンズ成形金型程の耐熱性は要求されない。そのため、加工しやすい金属を金型の材料として用いることができるので、プラスチックレンズ成形金型にはツールマークが形成されにくく、短波長光源用の対物レンズをプラスチック非球面成形レンズで構成する場合には、ツールマークによる散乱の影響を低減することができる。ところが、光学プラスチック材料は光学ガラス材料に比べて一般に屈折率が低いので、高NAの対物レンズをプラスチックレンズとすると、曲率半径が小さくなり金型加工の困難なレンズとなる可能性がある。そこで、次の第4の対物レンズのように、少なくとも一方のレンズ群が屈折作用をもつガラスレンズと、一方の面で前記ガラスレンズに接合され、他方の面に光学面が形成されたプラスチック材料からなる光学素子とから構成される複合レンズであるのが好ましい。

【0043】即ち、本発明による第4の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、少なくとも一方のレンズ群は屈折作用をもつガラスレンズと、一方の面で前記ガラスレンズに接合され、他方の面に光学面が形成されたプラスチック材料からなる光学素子とから構成される複合レンズであって、次式(8)を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0044】 } NA > 0.85 \quad (8)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0045】また、第4の対物レンズにおいて母体となるガラスレンズが球面レンズであることがより好ましい。ガラスレンズを安価な球面研磨レンズとすることで、レンズの生産コストを抑えることができ、ツールマークによる散乱の影響をなくすることができる。また、ガ

$$0.85 < NA < 0.90 \text{ のとき、} \quad (10)$$

$$0.020 < WD/D_{IN} < 0.150$$

$$NA \geq 0.90 \text{ のとき、} \quad (11)$$

$$0.015 < WD/D_{IN} < 0.120$$

【0051】更に、次式(12)、(13)を満たすことが好ましい。

$$0.85 < NA < 0.90 \text{ のとき、} \quad (12)$$

$$0.050 < WD/D_{IN} < 0.150$$

$$NA \geq 0.90 \text{ のとき、} \quad (13)$$

$$0.025 < WD/D_{IN} < 0.120$$

【0053】作動距離を大きく確保するには、対物レンズの焦点距離を大きくすることが有効であるが、この場合、光ピックアップ装置が大型化してしまうので、実用上好ましくない。そのため、上述の(9)式のように対物レンズの光束入射面の有効径の上限を4.5mmとした。

【0054】また、小径の2群構成の対物レンズにおい

ラス成形レンズに比べ、レンズ設計時の材料選択の自由度を大きくすることができる。

【0046】また、第4の対物レンズにおいて前記プラスチック材料に形成された光学面は非球面であることが好ましく、また、前記プラスチック材料に形成された光学面は輪帯状の回折構造を有する回折面であることが好ましい。

【0047】上述のように、プラスチック材料からなる光学素子に形成された光学面を非球面および／または回折面とすれば、プラスチックレンズ成形金型にはツールマークが形成されにくいので、ツールマークによる散乱の影響を低減することができる。また、ガラスレンズに金型を用いた成形法で輪帯構造を形成する場合は、ガラスの粘性のために輪帯構造のような微細構造が正確に転写されず、それによる回折効率の低下や結像性能の劣化が起こりやすいが、プラスチック材料には容易に微細構造を転写できる。

【0048】また、第4の対物レンズにおいてガラスレンズに接合するプラスチック材料は紫外線を照射することにより硬化する紫外線硬化樹脂材料であることが好ましい。複合レンズは、ガラスレンズの接合面上の紫外線硬化樹脂に、非球面および／または回折面の型をあてたまま紫外線を照射し、樹脂を硬化させ、非球面および／または回折面の形状を転写することで作製できる。

【0049】また、第1の対物レンズにおいて前記第1レンズ群の光束入射面の有効径を D_{IN} (mm)としたとき、

$$D_{IN} < 4.5 \text{ mm} \quad (9)$$

を満たし、前記対物レンズの作動距離をWD (mm)としたとき、次式(10)、(11)を満たすことが好ましい。

【0050】

【0052】

て、作動距離を大きく確保しようとする、第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなりすぎてしまい、ダイヤモンドバイトによる金型加工が正確にできなくなる。そこで、(10)、(11)式のように、それぞれのNAの範囲において、最適な作動距離の範囲を設けた。(10)、(11)式の上限を超えないようにすると、第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きく

なりすぎないので、ダイヤモンドバイトによる金型加工をより正確に行うことができる。さらに、正弦条件が良好に補正されたレンズとすることができる。また、レンズ最終面の有効径を大きくできるので、光束が最終面を通過する際のツールマークによる散乱の影響を低減することができる。(10)、(11)式の下限を超えないようにすると、小径であっても、作動距離を十分に確保することができるので、光情報記録媒体のそりによる対物レンズと光情報記録媒体との接触を防ぐことができる。上記の作用を達成するため、特に(12)、(13)式の範囲が好ましい。

【0055】NAが0.85より大きい2群構成の対物レンズでは、実用上十分な作動距離を確保しようとする、それぞれのレンズ群の最も光源側の見込角が大きくなる傾向があるが、見込角が大きくなりすぎると、ダイヤモンドバイトによる金型加工が正確にできないという問題が発生する。一般的な光学プラスチック材料はd線の屈折率が1.5前後と比較的低いので、NAが0.85より大きい2群構成の対物レンズをプラスチック材料から形成すると、上記の問題がより顕在化される。これに対し、対物レンズを屈折率の比較的高いガラス材料から形成すれば、見込角が大きくなり過ぎないようにすることが可能であるが、体積が大きくなりがちな高NAの2群構成の対物レンズをプラスチック材料に比べ比重の大きいガラス材料から構成することは、フォーカシング用のアクチュエータへの負担の観点上、好ましくない。そこで、次の本発明による第5の対物レンズのように、2つのレンズ群のうち、一方を軽量のプラスチックレンズとし、他方を屈折率の比較的高いガラスレンズとすると、NAが0.85より大きい2群構成の対物レンズでありながら、レンズ全体の重量が大きくなりすぎず、それでいて見込角の大きくなり過ぎない対物レンズとすることができる。

【0056】即ち、本発明による第5の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、前記レンズ群のうち一方がガラスレンズであり、他方がプラスチックレンズであり、次式を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0057】 } NA > 0.85 \quad (14)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0058】また、第5の対物レンズにおいて前記ガラスレンズの比重を ρG 、前記プラスチックレンズの比重を ρP としたとき、

$$\rho G > \rho P \quad (15)$$

を満たし、前記第1レンズ群および第2レンズ群のうち、体積が大きい方のレンズ群が前記プラスチックレンズであって、前記ガラスレンズのd線の屈折率を $n G$ 、前記プラスチックレンズのd線の屈折率を $n P$ としたと

き、

$$n G > n P \quad (16)$$

を満たし、前記第1レンズ群および第2レンズ群のうち、最も光源側の面上のマージナル光線が通過する位置での接平面と光軸とがなす角が大きい方のレンズ群が前記ガラスレンズであることが好ましい。

【0059】上述のように、2つのレンズ群のうち、体積が大きいほうのレンズ群をプラスチックレンズとすると、対物レンズ全体を軽量化できフォーカシング用のアクチュエータへの負担を軽減することができる。2つのレンズ群を精度よく組み合わせるためのおよび/または対物レンズを光ピックアップに精度よく取り付けるためのフランジ部をそれぞれのレンズ群が有する場合は、フランジ部も含めた体積が大きいほうのレンズ群をプラスチックレンズとするのが好ましい。さらに、最も光源側の面の見込角が大きいほうのレンズ群をガラスレンズとすると、見込角が大きくなり過ぎないようにできるので、ダイヤモンドバイトによる金型加工を正確に行うことができる。

【0060】また、第5の対物レンズにおいてNAが0.85より大きい2群構成の対物レンズでは、体積が大きくなりがちなのは、第1レンズ群であり、最も光源側の面の見込角が大きくなりがちなのは、第2レンズ群であるので、第1レンズ群をプラスチックレンズとし、第2レンズ群をガラスレンズとするのがより好ましい。

【0061】また、第5の対物レンズにおいて次式(17)を満たすことが好ましい。

$$\text{【0062】 } 1.0 < n G / n P < 1.2 \quad (17)$$

【0063】第1レンズ群をプラスチックレンズ、第2レンズ群をガラスレンズとした場合、プラスチックレンズとガラスレンズとの屈折率差が大きすぎると、第1レンズ群のメニスカスの度合いが強くなり、第1レンズ群と第2レンズ群との間の光軸ずれによる波面収差の劣化が大きく、組み立てが困難なレンズとなってしまう。上述のガラスレンズの材料としては(17)式を満たす材料が好ましく、(17)式の上限以下で第1レンズ群のメニスカスの度合いが強くなり過ぎないので、第1レンズ群と第2レンズ群との間の光軸ずれによる波面収差の劣化を小さく抑えることができる。(17)式の下限以上で十分な作動距離を確保しても第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなり過ぎないので、ダイヤモンドバイトによる金型加工を正確に行うことができる。

【0064】また、第5のレンズにおいて前記第1レンズ群の光束入射面の有効径を D_{IN} (mm)としたとき、

$$D_{IN} < 4.5 \text{ mm} \quad (18)$$

を満たし、前記対物レンズの作動距離をWD(mm)としたとき、次式(19)、(20)を満たすことが好ましい。

【0065】

$$0.85 < NA < 0.90 \text{ のとき、} \\ 0.020 < WD/D_{IN} < 0.150 \quad (19)$$

$$NA \geq 0.90 \text{ のとき、} \\ 0.015 < WD/D_{IN} < 0.120 \quad (20)$$

【0066】更に、次式(21)、(22)を満たすことが好ましい。

$$0.85 < NA < 0.90 \text{ のとき、} \\ 0.030 < WD/D_{IN} < 0.150 \quad (21)$$

$$NA \geq 0.90 \text{ のとき、} \\ 0.020 < WD/D_{IN} < 0.120 \quad (22)$$

【0068】作動距離を大きく確保するには、対物レンズの焦点距離を大きくすることが有効であるが、この場合、光ピックアップ装置が大型化してしまうので、実用上好ましくない。そのため、上述の(18)式のように対物レンズの光束入射面の有効径の上限を4.5mmとした。

【0069】また、小径の2群構成の対物レンズにおいて、作動距離を大きく確保しようとする、第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなりすぎてしまい、ダイヤモンドバイトによる金型加工が正確にできなくなる。そこで、それぞれのNAの範囲において、最適な作動距離の範囲を設けた。上述の(19)、(20)式の上限を超えないようにすると、第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなりすぎないので、ダイヤモンドバイトによる金型加工をより正確に行うことができる。さらに、正弦条件が良好に補正されたレンズとすることができる。また、レンズ最終面の有効径を大きくすることができるので、光束が最終面を通過する際のツールマークによる散乱の影響を低減することができる。(19)、(20)式の下限を超えないようにすると、小径であっても、作動距離を十分に確保することができるので、光情報記録媒体のそりによる対物レンズと光情報記録媒体との接触を防ぐことができる。上記の作用を達成するため、特に、上述の(21)、(22)式の範囲が好ましい。

【0070】2つの正レンズ群から構成される対物レンズは、従来の1群構成の対物レンズに比べ、作動距離が小さくなりがちである。さらに、対物レンズの開口数が大きくなるほど作動距離は小さくなるので、高速で回転する光情報記録媒体との接触の可能性が高くなる。2群構成の高NA対物レンズを使用する光ピックアップ装置では、作動距離の十分な確保は、光情報記録媒体の破損につながる重要な問題である。ところが、2群構成の高NA対物レンズにおいて、作動距離を大きく確保しようとする、第1レンズ群に対する第2レンズ群のパワーが小さくなるので、第2レンズの最も光源側の面の見込角が大きくなりすぎてしまい、ダイヤモンドバイトによる正確な金型加工ができなくなってしまう。そこで、次の本発明による第6の対物レンズのように、少なくとも

【0067】

一方のレンズ群をd線の屈折率が1.8以上の材料から形成された高屈折率レンズすることで、作動距離を大きく確保しても、第2レンズの最も光源側の面の見込角が大きくなり過ぎないようにできるので、NAが0.85より大きい2群構成の対物レンズであっても、作動距離が大きく確保され、それでいて第2レンズ群の最も光源側の面の金型加工が正確に行える対物レンズとすることができる。

【0071】即ち、本発明による第6の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなり、少なくとも一方のレンズ群はd線の屈折率が1.8以上の材料から形成された高屈折率レンズであって、次式(23)を満たすことを特徴とする。

$$【0072】 NA > 0.85 \quad (23)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0073】上述のようなd線における屈折率が1.8以上である材料としては、 TeO_2 を主構成成分とし、60～95mol%の TeO_2 を含むようなテルライトガラスが好ましい。より具体的には、 $TeO_2-Nb_2O_5$ 系テルライトガラス、 $TeO_2-B_2O_3-Al_2O_3$ 系テルライトガラス、 $TeO_2-GeO_2-B_2O_3$ 系テルライトガラス、 $TeO_2-BaO-P_2O_5$ 系テルライトガラス、 $TeO_2-GeO_2-BaO-P_2O_5$ 系テルライトガラスが好ましい。

【0074】また、前記高屈折率レンズは単結晶から形成されるのが好ましく、例えば、 $SrNbO_3$ 、 $SrTaO_3$ 、 $CaNbO_3$ 、 $CaTaO_3$ 、 $CaTiO_3$ 、 $KNbO_3$ 、 $KTaO_3$ 、 $BaZrO_3$ 、 $SrZrO_3$ 、 $CaZrO_3$ 、 $K(Ta,Nb)O_3$ 、 $ZnWO_4$ 、 $ZnMoO_4$ 、 $CdWO_4$ 、 $CdMoO_4$ 、 $PbWO_4$ 、 $Bi_{20}SiO_{12}$ 、 $Bi_{20}GeO_{12}$ 、 $Bi_4Si_3O_{12}$ 、 $Bi_4Ge_3O_{12}$ 、 GaP 、 GaN 、 $ZnTe$ 、 $ZnSe$ 、 Cu_3TaSe_4 、 ZnS 、及び $(Na_x, Bay)(Nb_x, Ti_y)O_3$ ($0.35 \leq x \leq 0.4$, $0, y=1-x$)のうちのいずれかの単結晶で形成されることが好ましい。

【0075】また、第6の対物レンズにおいて前記第1レンズ群の光束入射面の有効径を D_{IN} (mm)とした

$$D_{IN} < 4.5 \text{ mm}$$

を満たし、前記対物レンズの作動距離を WD (mm)としたとき、次式(25)、(26)を満たすことが好ま

$$0.85 < NA < 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.060 < WD/D_{IN} < 0.180$$

$$NA \geq 0.90 \text{ のとき、}$$

$$0.040 < WD/D_{IN} < 0.150$$

【0077】作動距離を大きく確保するには、対物レンズの焦点距離を大きくすることが有効であるが、この場合、光ピックアップ装置が大型化してしまうので、実用上好ましくない。そのため、上述の(24)式のように対物レンズの光束入射面の有効径の上限を4.5mmとした。また、小径の2群構成の対物レンズにおいて、作動距離を大きく確保しようとする、第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなりすぎてしまい、ダイヤモンドバイトによる金型加工が正確にできなくなる。そこで、上述の(25)、(26)式のように、それぞれのNAの範囲において、最適な作動距離の範囲を設けた。(25)、(26)式の上限を超えないようにすると、第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくな

$$-0.1 \leq (X_2 - X_3)/f / (1 + |m|) \leq 0.1 \quad (27)$$

X_2 ：光軸に垂直で第1レンズ群の最も光情報記録媒体側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記NAのマージナル光線が入射する第1レンズ群の最も光情報記録媒体側の面上の位置)における第1レンズ群の最も光情報記録媒体側の面との光軸方向の差で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

X_3 ：光軸に垂直で第2レンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記NAのマージナル光線が入射する第2レンズ群の最も光源側の面上の位置)における第2レンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

f ：対物レンズ全系の焦点距離(mm)

m ：対物レンズの物側開口数を NA_{OBJ} 、像側開口数を NA_{IMG} としたとき、

NA_{OBJ}/NA_{IMG} で定義される前記対物レンズの

$$0.50 \leq f \lambda \sum (n_i / (M_i P_i^2)) \leq 3.0$$

)

【0083】高屈折率の材料ほどアッペ数が大きくなるので、高屈折率材料を用いた対物レンズでは、軸上色収差が大きく発生するが、少なくとも1つの面上に形成した輪帯状の回折構造の作用により、軸上色収差を補正する対物レンズにおいて、上述の式(28)を満たすように回折構造を決定することで、軸上色収差を良好に補正することができる。(28)式の下限以上で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の色

とき、

$$(24)$$

しい。

【0076】

$$(25)$$

$$(26)$$

りすぎないので、ダイヤモンドバイトによる金型加工をより正確に行うことができる。さらに、正弦条件が良好に補正されたレンズとすることができる。また、レンズ最終面の有効径を大きくすることができるので、光束が最終面を通過する際のツールマークによる散乱の影響を低減することができる。(25)、(26)式の下限を超えないようにすると、小径であっても、作動距離を十分に確保することができるので、光情報記録媒体のそりによる対物レンズと光情報記録媒体との接触を防ぐことができる。

【0078】また、第6の対物レンズにおいて、更に次式(27)を満たすことが好ましい。

【0079】

横倍率

【0080】上述の(27)式の条件式は、作動距離を大きく確保しても、面偏芯やレンズ群間の光軸ずれ等の製造誤差による波面収差の劣化が大きくなりすぎず、かつ像高特性の良好なレンズとするための条件である。

(27)式の下限以上で面偏芯による波面収差の劣化が大きくなりすぎず、上限以下でレンズ群間の光軸ずれや像高による波面収差の劣化が大きくなりすぎない。

【0081】また、第6の対物レンズは、少なくとも1つの面上に輪帯上の回折構造を有し、前記光源の波長を λ (mm)、前記対物レンズ全系の焦点距離を f (mm)、前記第 i 面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を n_i 、第 i 面の有効径内の回折構造の輪帯数を M_i 、第 i 面の有効径内の回折構造の輪帯間隔の最小値を P_i (mm)としたとき、次式(28)を満たすことが好ましい。

【0082】

$$(28)$$

収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の色収差が補正過剰になり過ぎない。

【0084】また、第1～第6の対物レンズにおいて次式(29)を満たすことが好ましい。

$$0.85 < NA < 0.99 \quad (29)$$

【0086】上述のように、第1～第6の対物レンズのNAが(29)式を満たすことが好ましいが、NAが大

きくなるほど、製造誤差感度を現実に製造可能な値以下に抑えつつ、実用上十分な作動距離を確保するのが困難になる一方、光情報記録媒体の保護層に入射するマージナル光線の入射角が90度に近づくので、保護層の表面の反射損失による光量の低下が問題となる。かかる問題を鑑みて、第1～第6の対物レンズのNAの上限を0.99とした。

【0087】また、第1～第6の対物レンズにおいて第1レンズ群の最も光源側の面、第1レンズ群の最も光情報記録媒体側の面、および第2レンズ群の最も光源側の面のうち、少なくとも2つの面が非球面であることが好ましい。

【0088】このように、第1レンズ群の最も光源側の面、第1レンズ群の最も光情報記録媒体側の面、および第2レンズ群の最も光源側の面のうち、少なくとも2つの面を非球面とすると、球面収差の他にさらにコマ収差、非点収差を良好に補正することができる。このとき、少なくとも第1レンズ群の最も光源側の面と第2レンズ群の最も光源側の面の2つの面を非球面とするとより精緻に収差補正ができるので好ましい。さらに、第1レンズ群の最も光情報記録媒体側の面も非球面とすることで、第1レンズ群と第2レンズ群の光軸のずれにより発生する収差を小さく抑えることができるのでより好ましい。

【0089】また、第1～第6の対物レンズでは、第2レンズ群の最も光情報記録媒体側の面（レンズ最終面）は球面であることが好ましい。小径の2群構成の高NAレンズでは、レンズ最終面の有効径は小さくなりがちであるので、非球面や回折面とされたレンズ最終面を、ダイヤモンドバイトで加工された金型による成形で形成するとツールマークによる散乱の影響が大きくなり、入射光の透過率が低下してしまう。そこで、レンズ最終面を研磨金型による成形、あるいは研磨で形成可能な球面とすれば、光束が最終面を通過する際のツールマークによる散乱の影響をなくすることができる。また、第2レンズ群は第1レンズ群に比べてパワーが大きいため、第2レンズ群のレンズ面偏芯による収差劣化は大きくなりがちである。そのため、レンズ最終面は平面であることが好ましく、それにより、第2レンズ群を作りやすいレンズとすることができる。

$$0.6 \leq (f1/f2)/(1+|m|) \leq 6.0 \quad (32)$$

但し、 $f1$ ：第1レンズ群の焦点距離（mm）

$f2$ ：第2レンズ群の焦点距離（mm）

【0098】上述のように、第1～第6の対物レンズは、上述の（32）式を満たすのが好ましいが、本発明による対物レンズでは、 $f1/f2$ が小さくなりすぎると、即ち、第2レンズ群のパワーが大きくなりすぎると、第2レンズ群の最も光源側の面の曲率半径が小さくなり第1レンズ群と第2レンズ群の光軸ずれによる収差劣化が増大する。また、第2レンズ群の中心レンズ厚さ

【0090】また、第1～第6の対物レンズは次式（30）を満たすことが好ましい。

$$|m| = 0 \quad (30)$$

但し、 m ：対物レンズの物側開口数を NA_{OBJ} 、像側開口数を NA_{IMG} としたとき、 NA_{OBJ}/NA_{IMG} で定義される前記対物レンズの横倍率

【0092】上述のように、この対物レンズを、無限遠物体からの平行光束に対して収差が最小となるように収差補正する場合、トラッキングやフォーカシングのために対物レンズを動かしても対物レンズへの入射条件の変化が少ないので、収差変化が少ないので好ましい。さらに、また、光源からの発散光束を平行光に変換するコリメートレンズと対物レンズとの間に、半導体レーザ光源から射出される光束の非点隔差を緩和するためのビーム整形素子を配置しやすくなる。

【0093】また、第1～第6の対物レンズは次式（31）を満たすことが好ましい。

$$0.01 < |m| < 0.30 \quad (31)$$

【0095】このように、この対物レンズを、有限距離にある物体からの発散光束に対して収差が最小となるように収差補正する場合は、作動距離をより大きく確保できるので、対物レンズと光情報記録媒体との衝突を防ぐことができる。このとき、対物レンズの横倍率が上述の（31）式を満たすことが好ましい。（31）式の上限を超えないようにすると、第1レンズ群の最も光源側の面への光線の入射角が大きくなりすぎることがないので、面偏芯や群偏芯等の第1レンズ群の偏芯誤差による収差劣化を小さく抑えることができる。また、第2レンズ群のパワーが大きくなりすぎないので、第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなりすぎない。さらに、対物レンズと光源との間隔が小さくなりすぎることがないので、偏光ビームスプリッタや波長板等の光学素子の配置が容易になる。（31）式の下限を超えないようにすると、対物レンズの物像間距離が小さくなりすぎることがないので、本発明による対物レンズを搭載する光ピックアップ装置を小型にすることができる。

【0096】また、第1～第6の対物レンズは次式（32）を満たすことが好ましい。

$$|m| = 0$$

に対する誤差感度が大きくなる。さらに、第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなりすぎてしまいダイヤモンドバイトによる金型加工を正確に行うことができない。一方、 $f1/f2$ が大きくなりすぎると、即ち、第1レンズ群のパワーが大きくなりすぎると、コマ収差や非点収差などの像高特性を良好に補正することができない。

【0099】以上より、作りやすくそれでいて性能の良い対物レンズを得るためには、 $(f1/f2)/(1+|m|)$

|) の値はある範囲内にすることが必要である。(32) 式の上限以下で、作りやすいレンズとすることができ、また、横倍率が小さくなりすぎないのでコンパクトな光ピックアップを得ることができる。(32) 式の下限以下で、像高特性の良いレンズとすることができ、また、横倍率が大きくなりすぎないので、ビーム整形素

$$-0.3 \leq (X1' - X3') / ((NA)^4 \cdot f \cdot (1 + |m|)) \leq 0.2 \quad (33)$$

$$X1' = X1 \cdot (N1-1)^3 / f1$$

$$X3' = X3 \cdot (N2-1)^3 / f2$$

但し、X1：光軸に垂直で第1レンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する第1レンズ群の最も光源側の面上の位置）における第1レンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

X3：光軸に垂直で第2レンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する第2レンズ群の最も光源側の面上の位置）における第2レンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

N1：第1レンズ群の使用波長における屈折率（但し、第1レンズ群が複合レンズである場合は、母体となるガラスレンズの屈折率）

N2：第2レンズ群の使用波長における屈折率（但し、第2レンズ群が複合レンズである場合は、母体となるガラスレンズの屈折率）

f：対物レンズ全系の焦点距離（mm）

【0102】上述の(33)式は球面収差を良好に補正し、かつ第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなり過ぎないようにするための条件式である。第1～第6の対物レンズでは、f1/f2の値が小さくなる程、あるいは横倍率が大きくなる程、第1レンズ群の最も光源側の面の曲率半径はゆるく、第2レンズ群の最も

$$0.4 \leq r1 / ((N1-1) \cdot f1) \leq 2.0 \quad (34)$$

$$0.7 \leq r3 / ((N2-1) \cdot f2) \leq 2.1 \quad (35)$$

但し、r1：第1レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径（mm）（但し、第1レンズ群が光源側の面にプラスチック材料が接合された複合レンズである場合は、母体となるガラスレンズの最も光源側の面の近軸曲率半径（mm））

r3：第2レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径（mm）（但し、第2レンズ群が光源側の面にプラスチック材料が接合された複合レンズである場合は、母体となるガラスレンズの最も光源側の面の近軸曲率半径（mm））

【0106】上述の(34)、(35)式は、コマ収差を良好に補正するための条件である。(34)、(3

$$0.0 \text{ mm} \leq t < 0.15 \text{ mm} \quad (36)$$

子、偏向ビームスプリッタ、波長板等の光学素子の配置が容易になる。

【0100】また、第1～第6の対物レンズは次式(33)を満たすことが好ましい。

【0101】

光源側の面の曲率半径はきつくなる。従って、球面収差の補正に必要な第1レンズ群の最も光源側の面のサグ量

(X1)は小さく、第2レンズ群の最も光源側の面のサグ量(X3)は大きくなる。ところで、X1の値が正でその絶対値が小さい程、マージナル光線の球面収差を補正過剰にする効果が大きくなり、X3の値が正でその絶対値が大きい程、マージナル光線の球面収差を補正不足にする効果が大きくなるので、球面収差を良好に補正するためには、使用波長におけるそれぞれのレンズ群の屈折率、およびそれぞれのレンズ群の焦点距離で規格化した、サグ量の差(X1-X3)はある範囲内にすることが必要である。一方、第1～第6の対物レンズでは、横倍率が大きくなる程、上述したように、球面収差の補正に必要なX1は小さく、かつX3は大きくなるが、X3が大きくなりすぎると第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなるので正確な金型加工が困難になる。

【0103】以上より、第1～第6の対物レンズは、上述の(33)式を満たすのが好ましく、(33)式の下限以上でマージナル光線の球面収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下でマージナル光線の球面収差が補正不足になり過ぎない。また、(33)式の上限以下で第2レンズ群の最も光源側の面の見込角が大きくなり過ぎないので金型加工が容易になる。

【0104】また、第1～第6の対物レンズにおいて次式(34)、(35)を満たすことが好ましい。

【0105】

$$(34)$$

$$(35)$$

5)式の上限以下で正弦条件がオーバーとなり過ぎず、下限以下で正弦条件がアンダーになり過ぎない。また、(34)式の上限以下で第2レンズ群のパワー負担が増加しないので、第2レンズ群のレンズ厚に対する誤差感度が大きくなり過ぎず、下限以上で第1レンズ群の面偏芯感度が大きくなり過ぎない。

【0107】また、第1～第6の対物レンズは光情報記録媒体の情報記録面を保護している保護層の厚さtに対応した球面収差補正がなされ、次式(36)を満たすことが好ましい。

【0108】

$$(36)$$

【0109】上述の(36)式は、光情報記録媒体のスキューによって生じるコマ収差を抑制するための、光情報記録媒体の保護層の最適な厚さに関する条件式である。対物レンズの開口数が0.9以上とされた場合は、光情報記録媒体の保護層の厚みを0.15mmより小さくすることで、CDやDVDなどの従来の光情報記録媒体と同程度、あるいは同等以上のスキューマージンを確保できる。保護層の厚さが零であれば、ディスクスキューによってコマ収差は生じないので、本発明による対物レンズは、保護層の厚さが零に対応した球面収差補正、すなわち、対物レンズのみで球面収差が補正されるようにしてもよい。

【0110】また、本発明による光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、を備え、前記情報記録面からの反射光を検出することで前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置であって、前記対物レンズとして上述の第1～第6の対物レンズのいずれかを有することを特徴とする。

【0111】この光ピックアップ装置によれば、開口数がより大きく2枚の正レンズ群からなる対物レンズと、波長が400nm程度と短い光源とを使用し、高密度の記録・再生が可能となり、また作動距離を十分に確保できるとともに、小型軽量の対物レンズとすることで装置の小型化が可能となる。

【0112】また、本発明による記録・再生装置は、上述の光ピックアップ装置を搭載し、音声および／または画像の記録、および／または、音声および／または画像の再生を行うものである。この記録・再生装置によれば、高密度の記録・再生が可能となる。

【0113】

【発明の実施の形態】以下、本発明による実施の形態の光ピックアップ装置について図面を用いて説明する。図1は本実施の形態の光ピックアップ装置を概略的に示す図である。

【0114】図1の光ピックアップ装置は、2群2枚構成の対物レンズ1と、光源である半導体レーザ3と、光源3から射出される発散光の発散角を変換する1群1枚構成のカップリングレンズ2と、光情報記録媒体の情報記録面5からの反射光を受光する光検出器4とを備える。半導体レーザ3は、500nm以下の波長のレーザ光を発生させ、従来の光情報記録媒体よりも高密度に情報記録面5に記録された情報の再生および／または従来の光ディスクよりも高密度に情報記録面5への情報の記録が可能である。

【0115】図1の対物レンズ1は、第1レンズ1aと第2レンズ1bとから構成されNAは0.85よりも大とされている。第1レンズ1aと第2レンズ1bとは保持部材1cにより一体化されている。保持部材1cのフ

ランジ部1dにより対物レンズ1を光ピックアップ装置に精度よく取付ることができる。

【0116】図1の光ピックアップ装置は、更に、情報記録面5からの反射光を光検出器4に向けて分離する偏光ビームスプリッタ6と、カップリングレンズ2と対物レンズ1との間に配置された1/4波長板7と、対物レンズ1に前置された絞り8と、集光レンズ9と、フォーカス及びトラッキング用の2軸アクチュエータ10とを備える。また、球面収差補正手段として、カップリングレンズ2と、カップリングレンズ2を光軸方向に沿って変位させるための1軸アクチュエータ11とを備えている。本実施の形態において集光光学系は、光源と、ビームスプリッタと、カップリングレンズと、1/4波長板と、対物レンズと、絞りとを有するものである。なお、本実施の形態では、ビームスプリッタは集光光学系に含まれないものと見なしてもよい。

【0117】光情報記録媒体の情報記録面5からの情報の再生について説明する。半導体レーザ3から出射した発散光がカップリングレンズ2で発散角を変えて1/4波長板7、絞り8を介して対物レンズ1により光情報記録媒体の保護層5'を通して情報記録面5に集光され、この情報記録面5で情報ビットにより変調されて反射した光束が対物レンズ1、絞り8、1/4波長板7、カップリングレンズ2、偏光ビームスプリッタ6、集光レンズ9を介して、光検出器4へ入射し、これにより生じた出力信号で光情報記録媒体の情報記録面に記録された情報を再生することができる。

【0118】以上のような情報の再生時に、装置環境の温湿度変化、光情報記録媒体の保護層厚さの変動、または半導体レーザ3の発振波長の微小変動等によって集光光学系の各光学面で球面収差変動が生じた場合、カップリングレンズ2を1軸アクチュエータ11で光軸方向に沿って適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系の各光学面で生じた球面収差を補正することができる。また、光情報記録媒体の情報記録面5への情報の記録の場合も、上述の説明と同様に集光光学系の各光学面で生じた球面収差を補正することができる。

【0119】次に、図2により別の光ピックアップ装置について説明する。図2の対物レンズ1は、2群2枚構成であり、NAが0.85よりも大とされている。また、図2の光ピックアップ装置は、球面収差補正手段として、正レンズ12aと負レンズ12bとから構成されたビームエキスパンダ12と、この負レンズ12bを光軸方向に沿って変移可能である1軸アクチュエータ11とを備える。図2では、カップリングレンズ2と1/4波長板7とを半導体レーザ3と偏光ビームスプリッタ6との間に配置している。

【0120】図2の光ピックアップ装置によれば、図1と同様に、装置環境の温湿度変化、光情報記録媒体の保

護層厚さの変動、または半導体レーザ3の発振波長の微小変動等によって集光光学系の各光学面で球面収差変動が生じた場合、ビームエキスパンダ12の負レンズ12bを1軸アクチュエータ11で光軸方向に沿って適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系の各光学面で生じた球面収差を補正することができる。

【0121】また、図1および図2の光ピックアップ装置は、図示しないが、情報記録面5からの反射光を検出することで集光光学系で発生した球面収差の変動を検出し、その検出結果に基づいて球面収差誤差信号を生成する球面収差検出手段を有する。球面収差誤差信号が零になるように、球面収差補正手段としてのカップリングレンズ2、またはビームエキスパンダ12の負レンズ12bを駆動させる。このような球面収差検出手段、および球面収差検出手段における球面収差検出方法としては、例えば同一出願人による特願2001-108378号に記載されているものを用いることができる。なお、上述の球面収差検出手段は、球面収差補正手段と光源との間の光路中に配置される。

【0122】また、図1および図2の光ピックアップ装置において、球面収差補正手段として、上述したカップリングレンズ2やビームエキスパンダ12のほかに、光軸に垂直な方向の屈折率分布が電気的に変化する素子を用いることができる。この場合、可動部が不要となるので、光ピックアップ装置の軽量化、コストダウンを達成

できる。このような屈折率分布可変素子としては、例えば、液晶分子を光軸に垂直な面内で任意のX方向にそろえて配列させた第1の液晶素子と、液晶分子を光軸に垂直な面内で任意のX方向とは垂直なY方向にそろえて配列させた第2の液晶素子とを1/2波長板とガラス基板を挟んで交互に積層させた液晶素子を用いることができる。第1の液晶素子と第2の液晶素子のそれぞれに電圧を印加することで、屈折率分布可変素子としての液晶素子からの出射波面の位相のX方向成分、およびY方向成分を独立に制御することにより集光光学系で発生した球面収差の変動を補正することができる。なお、屈折率分布可変素子は、光軸に関してほぼ対称な屈折率分布を形成できるものであればよく、上記の形態に限られることはない。

【0123】図1、図2の光ピックアップ装置によれば、開口数がより大きく2群2枚構成の対物レンズと、波長が500nm程度と短い光源とを使用し、高密度の記録・再生を実現でき、また作動距離を十分に確保できるとともに、小型軽量の対物レンズとすることで小型化を実現できる。

【0124】

【実施例】次に、図1、図2の光ピックアップ装置に適用可能な対物レンズの実施例1～11について説明する。各実施例のデータの一覧表を表1に示す。

【0125】

【表1】

実施例一覧表

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
f(mm)	1.67	1.58	1.67	1.58	1.58	1.67
NA	0.90	0.95	0.90	0.95	0.95	0.90
λ (nm)	405	405	405	405	405	405
m	0	0	0.08	0	0.04	0
t(mm)	0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05
WD(mm)	0.17	0.10	0.23	0.10	0.12	0.15
D_N (mm)	3.00	3.00	3.09	3.00	3.37	3.00
WD/ D_N	0.057	0.033	0.074	0.033	0.036	0.050
$(\nu d1 + \nu d2) / (2 \cdot f^2 \cdot NA^2) - \sum (-2 \cdot n_i \cdot b_{Ni} \cdot h_i^2)$				2.0	2.8	
$f \cdot \lambda \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2))$				0.50	0.15	
$ (Ph/Pf) - 2 $				2.6	0.0	
$\Delta CA / \Delta SA$ (ただし、 $\Delta \lambda = +10 \text{ nm}$ とした)					-0.3	
$(X2-X3) / t / (1+ m)$	-0.25	-0.28	-0.35	-0.25	-0.26	-0.12
$(f1/f2) / (1+ m)$	2.6	2.2	1.9	2.0	1.8	4.0
$(X1-X3) / ((NA)^4 \cdot f \cdot (1+ m))$	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.09
$r1 / ((N1-1) \cdot f1)$	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	0.8
$r3 / ((N2-1) \cdot f2)$	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

実施例一覧表(続き)

	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11
f(mm)	1.58	1.58	1.67	1.70	1.39
NA	0.95	0.95	0.90	0.88	0.92
λ (nm)	405	405	405	405	405
m	0	0.07	0	0	0
t(mm)	0.05	0.01	0.03	0.08	0.02
WD(mm)	0.10	0.15	0.25	0.20	0.06
D_N (mm)	3.00	3.08	3.00	3.00	2.50
WD/ D_N	0.033	0.048	0.083	0.067	0.022
$(\nu d1 + \nu d2) / (2 \cdot f^2 \cdot NA^2) - \sum (-2 \cdot n_i \cdot b_{Ni} \cdot h_i^2)$	1.9		2.0		3.4
$f \cdot \lambda \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2))$	0.47		1.35		0.32
$ (Ph/Pf) - 2 $	0.8		4.6		0.4
$\Delta CA / \Delta SA$ (ただし、 $\Delta \lambda = +10 \text{ nm}$ とした)					
$(X2-X3) / t / (1+ m)$	-0.20	-0.30	0.01	-0.27	-0.30
$(f1/f2) / (1+ m)$	4.5	2.2	2.7	2.6	1.8
$(X1-X3) / ((NA)^4 \cdot f \cdot (1+ m))$	-0.10	-0.04	-0.20	-0.03	-0.02
$r1 / ((N1-1) \cdot f1)$	0.8	0.9	0.7	0.6	1.0
$r3 / ((N2-1) \cdot f2)$	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0

【0126】なお、本実施例のレンズにおける非球面は光軸方向をX軸、光軸に垂直な方向の高さをh、屈折面の曲率半径をrとするとき次の数1で表す。但し、 κ を

円すい係数、 A_{2i} を非球面係数とする。

【0127】

【数1】

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + \sum_{i=1}^{10} A_{2i}h^{2i}$$

【0128】また、本実施例のレンズに設けた輪帯状の回折面は光路差関数 Φ_b として次の数2により表すことができる。ここで、nは該回折面で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数であり、h

は光軸に垂直な高さであり、 b_{2j} は光路差関数の係数である。

【0129】

【数2】

$$\Phi_b = n \sum_{j=1}^5 b_{2j} h^{2j}$$

【0130】〈実施例1〉

【0131】実施例1は、 $f=1.67\text{mm}$ 、 $\text{NA}0.90$ 、 $t=0.05\text{mm}$ 、 $\lambda=405\text{nm}$ 、 $|m|=0$ の2群構成の対物レンズである。実施例1のレンズデー

タを表2に示す。また、図3に実施例1に関する光路図を示し、図4に実施例1に関する球面収差図を示す。

【0132】

【表2】

実施例1					
面番号	r (mm)	d (mm)	N λ	νd	備考
0		∞			光源
1	1.755	2.150	1.52469	56.5	対物レンズ
2	5.627	0.100			
3	0.819	1.100	1.52469	56.5	
4	∞	0.170			
5	∞	0.050	1.61949	30.0	保護層
6	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
κ	-1.7463E-01	0.0000E+00	-1.0379E+00
A4	-5.0345E-03	3.1674E-02	2.4662E-01
A6	2.0602E-03	-6.9427E-04	-1.2226E-01
A8	-2.0117E-03	-1.3117E-03	7.1215E-01
A10	-2.9425E-04	-2.0399E-02	-4.9112E-01
A12	5.7128E-05	7.4246E-03	1.7296E-11
A14	2.0154E-04	1.0319E-03	
A16	-1.0445E-04	1.8876E-09	
A18	8.8905E-06		
A20	1.1041E-07		

【0133】実施例1では、第1レンズおよび第2レンズをともにプラスチック材料から形成したので、体積の大きい2群構成の高NAレンズでありながら、約0.02g（但し、鏡枠含まず）と軽量な対物レンズとすることができた。プラスチック材料は、ポリオレフィン系のノルボルネン系樹脂であり、使用波長領域での厚さ3mmにおける光透過率は95%以上、飽和吸水率は0.01%以下、比重は約1.0である。

【0134】NA0.90の高NAレンズでありながら、作動距離0.17mmを確保しており、像高特性およびレンズ間の軸ずれによる誤差感度がともに良好なレンズとなっている。また、高NAレンズを、温度変化の影響を受けやすいプラスチック材料で形成する場合は、温度変化により発生する球面収差が問題になりやすい

が、本発明によるプラスチックレンズは、第1レンズの光束入射面の有効径に対する作動距離の比を適切な値とすることで、3次球面収差の発生量と、3次球面収差とは逆の符号を有する5次以上の高次球面収差の発生量とのバランスをとることが可能であり、実施例1では室温（摂氏25℃）から30℃の温度上昇した場合でも、波面収差は0.028 λ rms（計算値）に留まり、高NAのプラスチックレンズでありながら、利用可能な温度領域の広い対物レンズとすることができた。但し、上記の計算では、プラスチック材料の温度変化に対する屈折率変化を $-1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 、光源の温度変化に対する波長変化を $+0.05\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ とした。

【0135】〈実施例2〉

【0136】実施例2は、 $f=1.58\text{mm}$ 、 $\text{NA}0.$

95、 $t=0.01\text{ mm}$ 、 $\lambda=405\text{ nm}$ 、 $|m|=0$ の2群構成の対物レンズである。実施例2のレンズデータを表3に示す。また、図5に実施例2に関する光路図

を示し、図6に実施例2に関する球面収差図を示す。

【0137】

【表3】

実施例2

面番号	r (mm)	d (mm)	N λ	ν d	備考
0		∞			光源
1	1.621	2.100	1.52469	56.5	対物レンズ
2	10.591	0.100	1.52469	56.5	
3	0.816	1.100			
4	∞	0.100			
5	∞	0.010	1.61949	30.0	保護層
6	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
K	-2.5087E-01	3.5960E+01	-7.2963E-01
A4	-8.8146E-03	1.8943E-02	2.2352E-01
A6	4.9481E-03	9.5029E-03	-2.9816E-01
A8	-4.5981E-03	-3.1001E-03	1.3546E+00
A10	7.0890E-04	-3.0071E-02	-1.1062E+00
A12	1.2864E-04	1.3638E-02	
A14	-2.3342E-05		
A16	-7.8928E-05		
A18	4.5268E-05		
A20	-1.2583E-05		

【0138】実施例2では、第1レンズおよび第2レンズをともにプラスチック材料から形成したので、体積の大きい2群構成の高NAレンズでありながら、約0.02g（但し、鏡枠含まず）と軽量の対物レンズとすることができた。プラスチック材料は、実施例1の材料と同じものである。説明は割愛する。

【0139】〈実施例3〉

【0140】実施例3は、 $f=1.67\text{ mm}$ 、NA0.

90、 $t=0.05\text{ mm}$ 、 $\lambda=405\text{ nm}$ 、 $|m|=0.08$ の2群構成の対物レンズである。実施例3のレンズデータを表4に示す。また、図7に実施例3に関する光路図を示し、図8に実施例3に関する球面収差図を示す。

【0141】

【表4】

実施例3

面番号	r(mm)	d(mm)	$N\lambda$	νd	備考
0		20.586			光源
1	1.808	2.230	1.52469	56.5	対物レンズ
2	31.596	0.100	1.52469	56.5	
3	0.899	1.200			
4	∞	0.230			
5	∞	0.050	1.61949	30.0	保護層
6	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
K	-2.5248E-01	0.0000E+00	-1.2216E+00
A4	-1.2639E-02	2.5943E-03	2.2069E-01
A6	3.6379E-03	1.1603E-02	-5.8835E-02
A8	-2.0286E-03	7.5608E-03	2.8821E-01
A10	-1.5845E-04	-1.7539E-02	-1.4953E-01
A12	3.9756E-05	5.0953E-03	
A14	1.7750E-04		
A16	-1.0393E-04		
A18	1.6364E-05		
A20	-1.2742E-06		

【0142】実施例3では、第1レンズおよび第2レンズをともにプラスチック材料から形成したので、体積の大きい2群構成の高NAレンズでありながら、約0.02g（但し、鏡枠含まず）と軽量の対物レンズとすることができた。プラスチック材料は、実施例1の材料と同じものである。説明は割愛する。

【0143】実施例3はNA0.90の高NAレンズで

ありながら、作動距離0.23mmを確保しており、像高特性およびレンズ間の軸ずれによる誤差感度がともに良好なレンズとなっている。また、実施例1の対物レンズと同様に、第1レンズの光束入射面の有効径に対する作動距離の比を適切な値とすることで、室温（摂氏25℃）から30℃の温度上昇した場合でも、波面収差は0.026 λ rms（計算値）に留まり、高NAのプラ

スチックレンズでありながら、利用可能な温度領域の広い対物レンズとすることができた。

【0144】〈実施例4〉

【0145】実施例4は、 $f=1.58\text{mm}$ 、 $\text{NA}0.95$ 、 $t=0.05\text{mm}$ 、 $\lambda=405\text{nm}$ 、 $|m|=0$

の2群構成の対物レンズである。実施例4のレンズデータを表5に示す。また、図9に実施例4に関する光路図を示し、図10に実施例4に関する球面収差図を示す。

【0146】

【表5】

実施例4

面番号	$r(\text{mm})$	$d(\text{mm})$	N_d	ν_d	備考
0		∞			光源
1	1.673	2.050	1.52469	56.5	対物レンズ
2	7.146	0.100			
3	0.818	1.000	1.52469	56.5	
4	∞	0.100			
5	∞	0.050	1.61949	30.0	保護層
6	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
K	-2.4597E-01	2.8559E+01	-6.4726E-01
A_4	-6.9696E-03	5.3905E-02	2.6566E-01
A_6	8.8911E-03	-5.3196E-03	-4.7477E-01
A_8	-5.5545E-03	-5.0480E-02	1.6866E+00
A_{10}	8.2039E-04	7.5481E-03	-1.4626E+00
A_{12}	5.9345E-05	4.4929E-03	
A_{14}	-1.6375E-04		
A_{16}	-7.6407E-05		
A_{18}	8.4285E-05		
A_{20}	-2.2669E-05		

回折面係数

	第1面
b_2	-6.0000E-03
b_4	-1.6138E-04
b_6	9.1977E-05
b_8	1.8154E-05
b_{10}	-7.5825E-05

【0147】実施例4では、第1レンズおよび第2レンズをともにプラスチック材料から形成したので、体積の大きい2群構成の高NAレンズでありながら、約0.02g（但し、鏡枠含まず）と軽量の対物レンズとすることができた。プラスチック材料は、実施例1の材料と同じものであるので説明は割愛する。

【0148】また、実施例4の第1レンズの光源側の面を回折面とすることで、軸上色収差を補正したので、+1nmのモードホッピングが起こった場合の波面収差のデフォーカス成分を0.005 λ rms（計算値）と小さく抑えることができた。このとき、回折構造によって透過波面に付加される光路差を表す光路差関数の係数

を、3次回折光が最大の回折光量を有するように設計した。

【0149】〈実施例5〉

【0150】実施例5は、 $f=1.58\text{mm}$ 、 $\text{NA}0.95$ 、 $t=0.05\text{mm}$ 、 $\lambda=405\text{nm}$ 、 $|m|=0.04$ の2群構成の対物レンズである。実施例5のレンズデータを表6に示す。また、図11に実施例5に関する光路図を示し、図12に実施例5に関する球面収差図を示す。

【0151】

【表6】

実施例5

面番号	r (mm)	d (mm)	N _d	v _d	備考
0		37.900			光源
1	1.672	2.100	1.52469	56.5	対物レンズ
2	9.466	0.100			
3	0.821	1.000	1.52469	56.5	
4	∞	0.120			
5	∞	0.050	1.61949	30.0	保護層
6	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
K	-2.1864E-01	-1.2702E+02	-7.1812E-01
A4	-8.9968E-03	3.6095E-02	2.2716E-01
A6	5.8496E-03	3.8130E-02	-3.4250E-01
A8	-3.8981E-03	-5.8021E-03	1.3979E+00
A10	7.4165E-04	-5.5711E-02	-1.2184E+00
A12	7.8469E-05	2.4405E-02	
A14	-6.8788E-05		
A16	-6.6828E-05		
A18	5.4506E-05		
A20	-1.4400E-05		

回折面係数

	第1面
b2	-7.8800E-03

【0152】実施例5では、第1レンズおよび第2レンズともにプラスチック材料から形成したので、体積の大きい2群構成の高NAレンズでありながら、約0.02g（但し、鏡枠含まず）と軽量の対物レンズとすることができた。プラスチック材料は、実施例1の材料と同じものであるため説明は割愛する。

【0153】また、実施例5の第1レンズの光源側の面を回折面とすることで、軸上色収差を補正したので、+1nmのモードホッピングが起こった場合の波面収差のデフォーカス成分を0.002λrms（計算値）と小さく抑えることができた。このとき、回折構造によって透過波面に付加される光路差を表す光路差関数の係数を、3次回折光が最大の回折光量を有するように設計し、さらに、軸上色収差を補正過剰して405nmの球面収差カーブと長・短波長側の球面収差カーブを交差させ、上述の(7)式を満たすようにすることで、モードホッピング時の波面収差の良好なレンズとした。4次以上の高次の光路差関数係数を使用することで、軸上色収差の他に色の球面収差も補正することでモードホッピング時の波面収差のデフォーカス成分を良好に補正した実施例4の対物レンズの有効径内における隣り合う回折輪帯間隔の最小値は0.009mmであるが、本実施例の

対物レンズの回折輪帯間隔の最小値は0.017mmであり、輪帯間隔の緩和の効果は明らかである。

【0154】なお、軸上色収差の変化量ΔCAは、図12の球面収差図において、光源の波長が長波長側に+10nmシフトした場合、405nmおよび415nmの球面収差カーブの下端の移動幅で示され、移動方向は光源の波長の長波長側へのシフトにより、バックフォーカスが短くなる方向となる。また、マージナル光線の球面収差の変化量ΔSAは、405nmの球面収差カーブをその下端が415nmの球面収差カーブの下端に重なる位置まで平行移動させた際の球面収差カーブの上端と415nmの球面収差カーブの上端との幅により示される。

【0155】〈実施例6〉

【0156】実施例6は、 $f=1.67\text{mm}$ 、 $\text{NA}0.90$ 、 $t=0.05\text{mm}$ 、 $\lambda=405\text{nm}$ 、 $|m|=0$ の2群構成の対物レンズである。実施例6のレンズデータを表7に示す。また、図13に実施例6に関する光路図を示し、図14に実施例6に関する球面収差図を示す。

【0157】

【表7】

実施例6

面番号	r (mm)	d (mm)	N _d	ν_d	備考
0		∞			光源
1	2.256	0.050	1.50686	57.0	対物レンズ
2	2.400	1.950	1.79900	49.6	
3	3.520	0.050	1.50686	57.0	
4	3.501	0.600			
5	0.963	0.030	1.50686	57.0	
6	1.000	1.100	1.79900	49.6	
7	∞	0.150			
8	∞	0.050	1.61949	30.0	保護層
9	∞				

非球面係数

	第1面	第4面	第5面
K	-1.6013E+00	5.0462E+00	-4.8853E-01
A4	8.3574E-03	1.6481E-02	1.6105E-01
A6	5.3312E-03	-2.5899E-02	-4.9331E-01
A8	2.6939E-03	-1.4303E-02	8.1529E-01
A10	2.5155E-04	1.0762E-03	-6.6581E-01
A12	3.6194E-04	-1.0143E-03	
A14	-1.0213E-04		
A16	-1.8827E-06		

【0158】実施例6では、第1レンズはガラスレンズの両面にプラスチック材料が接合された複合レンズであり、第2レンズはガラスレンズの光源側の面プラスチック材料が接合された複合レンズである。プラスチック材料部分の光学面を非球面とすることで、コマ収差を精緻に補正した。また、ガラスレンズの材料として、 $n_d = 1.77250$ (HOYA社製、TAF1) である高屈折率材料を使用することで、作動距離を0.15mmと大きく確保しても、第2レンズ群のガラスレンズの光源側の面の見込角を 50° に抑えることができた。

【0159】〈実施例7〉

【0160】実施例7は、 $f = 1.58\text{mm}$ 、 $\text{NA} 0.95$ 、 $t = 0.05\text{mm}$ 、 $\lambda = 405\text{nm}$ 、 $|m| = 0$ の2群構成の対物レンズである。実施例7のレンズデータを表8に示す。また、図15に実施例7に関する光路図を示し、図16に実施例7に関する球面収差図を示す。

【0161】

【表8】

実施例7

面番号	r (mm)	d (mm)	N _d	ν_d	備考
0		∞			光源
1	1.958	2.450	1.49892	70.4	対物レンズ
2	4.843	0.400			
3	0.900	0.050	1.50686	57.0	
4	0.950	1.100	1.71794	55.5	
5	∞	0.100			
6	∞	0.050	1.61949	30.0	保護層
7	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
K	-1.3332E-01	5.8300E+00	-9.1309E-01
A4	-3.5870E-03	9.7869E-03	1.0566E-01
A6	-1.9357E-03	-5.9931E-03	2.1509E-01
A8	7.7696E-05	-2.3992E-02	-4.8443E-01
A10	-1.3090E-04	-7.2116E-03	2.4429E-01
A12	-5.8564E-05	1.4314E-02	
A14	1.2574E-05		
A16	-1.5381E-05		

回折面係数

	第3面
b2	-4.5000E-02
b4	-1.6450E-02
b6	2.0069E-03
b8	-2.5380E-02
b10	2.9825E-02

【0162】実施例7では、第1レンズはガラスレンズであり、第2レンズはガラスレンズの光源側の面にプラスチック材料が接合された複合レンズである。このと

き、第2レンズの母体となるガラスレンズの光源側の面の曲率半径、プラスチック材料部分の光軸上の厚さ、および非球面量を適切に設計することで、室温（摂氏25

℃)から30℃の温度上昇した場合の、波面収差を0.002λrms(計算値)と小さく抑えることができた。但し、上記の計算では、プラスチック材料の温度変化に対する屈折率変化を $-1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 、光源の温度変化に対する波長変化を $+0.05 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ とした。また、プラスチック材料部分の光源側の面を回折面とすることで、軸上色収差を補正したので、+1nmのモードホッピングが起こった場合の波面収差のデフォーカス成分を0.005λrms(計算値)と小さく抑えることができた。このとき、回折構造によって透過波面に付加される光路差を表す光路差関数の係数を、1次回折光

が最大の回折光量を有するように設計した。

【0163】〈実施例8〉

【0164】実施例8は、 $f=1.58 \text{ mm}$ 、 $\text{NA}0.95$ 、 $t=0.01 \text{ mm}$ 、 $\lambda=405 \text{ nm}$ 、 $|m|=0.07$ の2群構成の対物レンズである。実施例8のレンズデータを表9に示す。また、図17に実施例8に関する光路図を示し、図18に実施例8に関する球面収差図を示す。

【0165】

【表9】

実施例8

面番号	r(mm)	d(mm)	Nλ	νd	備考
0		23.607			光源
1	1.646	2.400	1.52469	56.5	対物レンズ
2	12.904	0.100			
3	0.839	1.100	1.59966	59.5	
4	∞	0.150			
5	∞	0.010	1.61949	30.0	保護層
6	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
K	1.6256E-01	0.0000E+00	-6.5244E-01
A4	-1.4313E-02	5.1707E-02	1.8392E-01
A6	5.0357E-03	-1.1977E-02	-2.0103E-01
A8	-5.7938E-03	-1.7495E-02	7.1541E-01
A10	1.2028E-03	6.9737E-03	-6.1150E-01
A12	4.7099E-05	-8.6009E-03	
A14	-1.1896E-04	3.7120E-03	
A16	-8.2031E-05		
A18	6.6887E-05		
A20	-1.5902E-05		

【0166】実施例8では、第2レンズをガラスレンズ(HOYA社製、M-BaCD12、 $n_d=1.5831$)とすることで、作動距離を0.15mmと大きく確保した有限共役型の2群構成レンズであっても、第2レンズの光源側の面の見込角を58°に抑えることができたので、ダイヤモンドバイトによる金型加工を正確に行うことができる。更に、体積の大きい第1レンズをプラスチックレンズとすることで2群構成のレンズとしての総重量が大きくなり過ぎないようにしたので、フォーカシング用のアクチュエータへの負担を軽減できる。プラスチック材料は、実施例1の材料と同じものである。

説明は割愛する。

【0167】〈実施例9〉

【0168】実施例9は、 $f=1.67 \text{ mm}$ 、 $\text{NA}0.90$ 、 $t=0.03 \text{ mm}$ 、 $\lambda=405 \text{ nm}$ 、 $|m|=0$ の2群構成の対物レンズである。実施例9のレンズデータを表10に示す。また、図19に実施例9に関する光路図を示し、図20に実施例9に関する球面収差図を示す。

【0169】

【表10】

実施例9

面番号	r (mm)	d (mm)	N _d	ν _d	備考
0		∞			光源
1	1.426	1.950	1.52469	56.5	対物レンズ
2	1.668	0.100	2.09005	22.7	
3	1.427	0.955			
4	27.856	0.250			
5	∞	0.030	1.61949	30.0	保護層
6	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
K	-3.1360E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
A4	-2.4600E-03	1.3430E-01	6.4752E-03
A6	-2.3465E-03	-1.0820E-01	-1.8733E-01
A8	-4.6090E-04	-9.2808E-02	1.8767E-01
A10	-8.3351E-04	3.8798E-02	-8.5908E-02
A12	-3.7026E-04		
A14	-9.9580E-05		
A16	5.9059E-05		
A18	-3.3810E-05		
A20	9.9700E-07		

回折面係数

	第1面
b2	-5.0000E-03
b4	-4.2049E-04
b6	-2.2156E-04
b8	2.5241E-05
b10	-7.6547E-06

【0170】実施例9では、作動距離を大きく確保したときに光源側の面の見込角が大きくなりがちな第2レンズを、d線の屈折率が2.0013である、 $\text{TeO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ 系テルライトガラスから形成したので、作動距離が0.25と大きい、2群構成の高NAレンズであっても、第2レンズの光源側の面の見込角を 29° に抑えることができたので、ダイヤモンドバイトによる金型加工を正確に行うことができる。また、体積の大きい第1レンズをプラスチックレンズとすることで2群構成のレンズとしての総重量が大きくなり過ぎないようにしたので、フォーカシング用のアクチュエータへの負担を軽減できる。プラスチック材料は、実施例1の材料と同じものであるので説明は割愛する。

【0171】実施例9の第2レンズのテルライトガラスのアッペ数は22.7であるので、通常の光学ガラスを用いた場合に比べ、軸上色収差が大きく発生する。そこ

で、第1レンズの光源側の面を回折面とすることで、軸上色収差を補正し、+1nmのモードホッピングが起こった場合の波面収差のデフォーカス成分を0.006λrms（計算値）と小さく抑えた。このとき、回折構造によって透過波面に付加される光路差を表す光路差関数の係数を、5次回折光が最大の回折光量を有するように設計した。

【0172】〈実施例10〉

【0173】実施例10は、 $f=1.70\text{mm}$ 、 $\text{NA} 0.88$ 、 $t=0.08\text{mm}$ 、 $\lambda=405\text{nm}$ 、 $|m|=0$ の2群構成の対物レンズである。実施例10のレンズデータを表11に示す。また、図21に実施例10に関する光路図を示し、図22に実施例10に関する球面収差図を示す。

【0174】

【表11】

実施例10

面番号	r (mm)	d (mm)	N _d	ν_d	備考
0		∞			光源
1	1.903	2.250	1.52469	56.5	対物レンズ
2	7.424	0.100			
3	0.847	1.100	1.52469	56.5	
4	∞	0.200			
5	∞	0.080	1.61949	30.0	保護層
6	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
K	-1.8109E-01	0.0000E+00	-1.1140E+00
A4	5.5343E-03	2.2669E-02	2.3507E-01
A6	2.2942E-03	-1.8405E-02	-5.9171E-02
A8	2.3154E-03	2.1686E-02	4.0990E-01
A10	8.1648E-05	-2.6401E-02	-2.4473E-01
A12	8.3104E-05	7.0680E-03	1.7123E-11
A14	1.3980E-04	1.0319E-02	
A16	-1.1465E-04	1.9063E-09	
A18	-2.3944E-05		
A20	-1.8213E-06		

【0175】実施例10では、第1レンズおよび第2レンズともにプラスチック材料から形成したので、体積の大きい2群構成の高NAレンズでありながら、約0.02g（但し、鏡枠含まず）と軽量の対物レンズとすることができた。プラスチック材料は、実施例1の材料と同じものであるので説明は割愛する。

【0176】実施例10の対物レンズは、NA0.88の高NAレンズでありながら、作動距離0.20mmを確保しており、像高特性およびレンズ間の軸ずれによる誤差感度がともに良好なレンズとなっている。また、実施例1の対物レンズと同様に、第1レンズの光束入射面の有効径に対する作動距離の比を適切な値とすることで、室温（摂氏25℃）から30℃の温度上昇した場合

でも、波面収差は0.022λrms（計算値）に留まり、高NAのプラスチックレンズでありながら、利用可能な温度領域の広い対物レンズとすることができた。

【0177】〈実施例11〉

【0178】実施例11は、 $f=1.39\text{mm}$ 、 $\text{NA}0.92$ 、 $t=0.015\text{mm}$ 、 $\lambda=405\text{nm}$ 、 $|m|=0$ の2群構成の対物レンズである。実施例11のレンズデータを表12に示す。また、図23に実施例11に関する光路図を示し、図24に実施例11に関する球面収差図を示す。

【0179】

【表12】

実施例11

面番号	r (mm)	d (mm)	N _d	ν_d	備考
0		∞			光源
1	1.729	1.390	1.52469	56.5	対物レンズ
2	6.774	0.050			
3	0.916	1.400	1.52469	56.5	
4	∞	0.055			
5	∞	0.015	1.61950	30.0	保護層
6	∞				

非球面係数

	第1面	第3面
K	-1.2084E-01	-7.7231E-01
A4	1.3912E-04	1.2796E-01
A6	-7.7595E-03	5.1024E-02
A8	1.1029E-03	1.0527E-01
A10	1.3394E-03	6.9455E-02
A12	-4.5279E-03	
A14	3.8560E-03	
A16	-1.1464E-03	

回折面係数

	第2面
b2	-2.3294E-02
b4	1.0353E-02
b6	-1.6725E-02
b8	1.6061E-02
b10	-6.8413E-03

【0180】実施例11では、第1レンズ及び第2レンズともにプラスチック材料から形成したので、体積の大

きい2群構成の高NAレンズでありながら、約0.02g（但し、鏡枠含まず）と軽量の対物レンズとすること

ができた。プラスチック材料は、実施例1の材料と同じものであるため説明は割愛する。

【0181】また、実施例11の対物レンズでは、第1レンズの光情報記録媒体側の面を回折面とすることで、軸上色収差を補正したので、+1nmのモードホッピングが起こった場合の波面収差のデフォーカス成分を0.003λrms(計算値)と小さく抑えることができた。

【0182】更に、4次以上の高次の光路差関数係数の非球面的な収差補正効果を利用することで、第1レンズと第2レンズとの間の光軸ずれによるコマ収差を精緻に補正した。このとき、回折構造によって透過波面に付加される光路差を表す光路差関数の係数を、2次回折光が最大の回折光量を有するように設計した。なお、本実施例の対物レンズの各製造誤差に対する公差は、第1レンズと第2レンズとの間の光軸ずれが±50μm、画角が±1度、第1レンズの各レンズ面どうしの光軸ずれが±5μmである。

【0183】なお、複数のレンズ群からなる高NAの対物レンズの設計においては、いかにレンズ群を組み込む際にレンズ群どうしの偏芯によって発生する波面収差の劣化をおさえつつ、球面収差を補正するかが重要である。レンズ群どうしの偏芯によって発生する波面収差が補正されていないと、レンズ群を組み込む際の工数が増大し、対物レンズの生産効率の急激な悪化、およびそれによる生産コストの増大が招来される。また、光ピックアップ装置の生産効率、およびそれぞれのレンズ群の生産効率を向上させるために、複数のレンズ群からなる対物レンズの設計では、斜め光束が入射した際のコマ収差、およびレンズ面の偏芯によって発生するコマ収差を良好に補正することも重要である。上記の実施例1乃至5、8および10では、この点に留意して設計を行い、第1レンズと第2レンズの光軸偏芯誤差の許容値を±20μm以上、画角の許容値を0.5度以上、レンズ面の偏芯の許容値を±2μm以上を確保した。

【0184】また、上述の表または図では、10のべき乗の表現にE(またはe)を用いて、例えば、E-02(=10⁻²)のように表す場合がある。

【0185】

【発明の効果】本発明によれば、軽量でかつ射出成形によって安価に大量生産できる2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および/または再生用の対物レンズを提供できる。

【0186】また、光源の波長が500nm以下、特に400nm程度の光ピックアップ装置に用いられるのに適した、2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および/または再生用の対物レンズを提供できる。

【0187】また、回折構造によりレンズ枚数を増やす

ことなく色収差が良好に補正された2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および/または再生用の対物レンズを提供できる。

【0188】また、ツールマークによる散乱の影響が小さく、かつ安価に生産できる2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および/または再生用の対物レンズを提供できる。

【0189】また、作動距離を大きく確保しても、ダイヤモンドによる金型加工が正確にできる2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の情報の記録および/または再生用の対物レンズを提供できる。

【0190】また、小径でありながら作動距離が十分確保された2枚の正レンズ群からなる開口数が0.85より大とされた光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズを提供できる。

【0191】また、上述の対物レンズを搭載し、高密度の記録・再生が可能となる光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態の光ピックアップ装置を概略的に示す図である。

【図2】本実施の形態の別の光ピックアップ装置を概略的に示す図である。

【図3】実施例1に関する光路図である。

【図4】実施例1に関する球面収差図である。

【図5】実施例2に関する光路図である。

【図6】実施例2に関する球面収差図である。

【図7】実施例3に関する光路図である。

【図8】実施例3に関する球面収差図である。

【図9】実施例4に関する光路図である。

【図10】実施例4に関する球面収差図である。

【図11】実施例5に関する光路図である。

【図12】実施例5に関する球面収差図である。

【図13】実施例6に関する光路図である。

【図14】実施例6に関する球面収差図である。

【図15】実施例7に関する光路図である。

【図16】実施例7に関する球面収差図である。

【図17】実施例8に関する光路図である。

【図18】実施例8に関する球面収差図である。

【図19】実施例9に関する光路図である。

【図20】実施例9に関する球面収差図である。

【図21】実施例10に関する光路図である。

【図22】実施例10に関する球面収差図である。

【図23】実施例11に関する光路図である。

【図24】実施例11に関する球面収差図である。

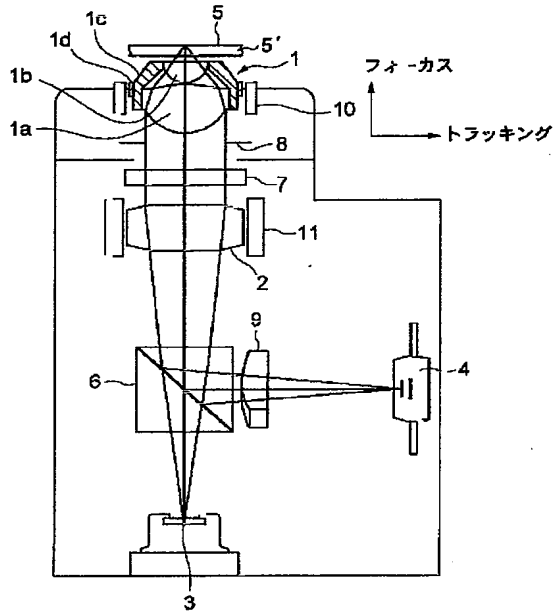
【符号の説明】

1 対物レンズ

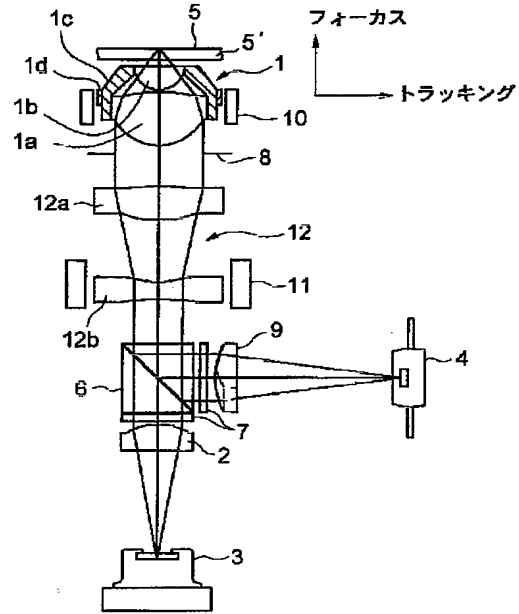
- 2 カップリングレンズ
3 光源
4 光検出器
5 情報記録面

- 5' 保護層
10 2軸アクチュエータ
11 1軸アクチュエータ
12 ビームエキスパンダ

【図1】



【図2】

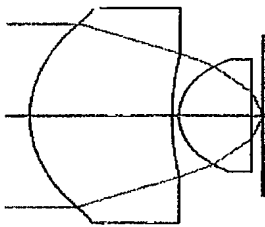


【図3】

【図4】

【図5】

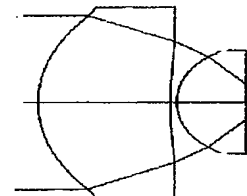
実施例 1



【図19】

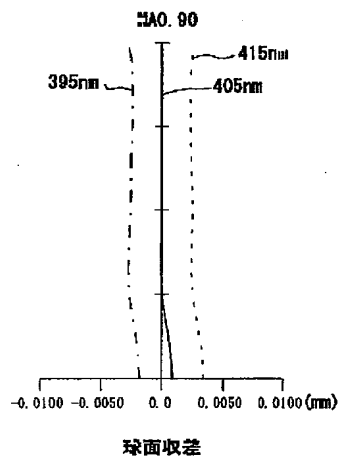
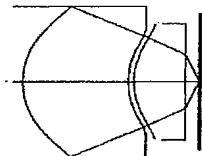
実施例 1

実施例 2

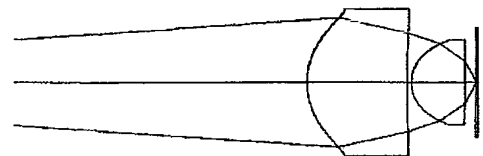


【図7】

実施例 9

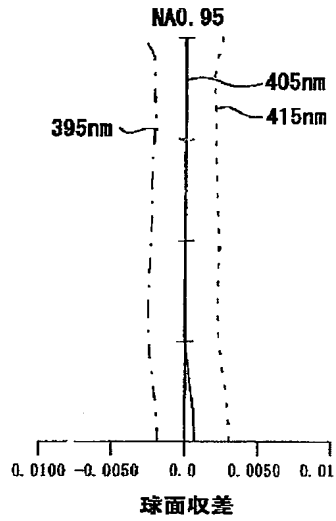


実施例 3



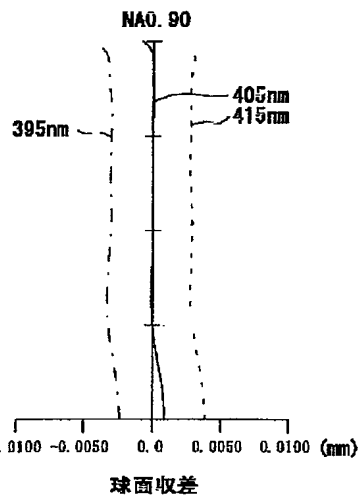
【图6】

实施例 2



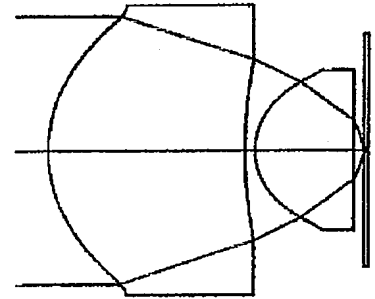
【图8】

实施例 3



【图9】

实施例 4

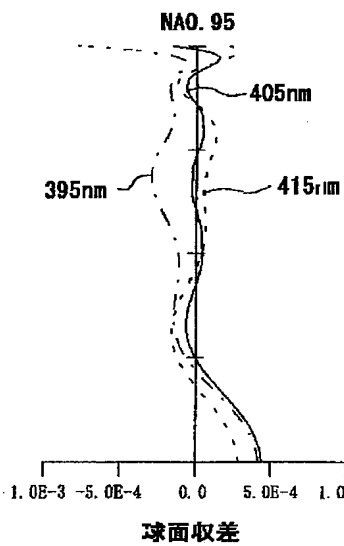


【图12】

实施例 5

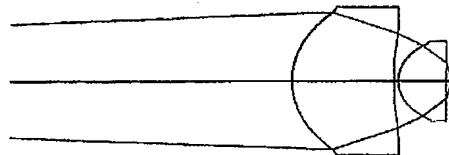
【图10】

实施例 4

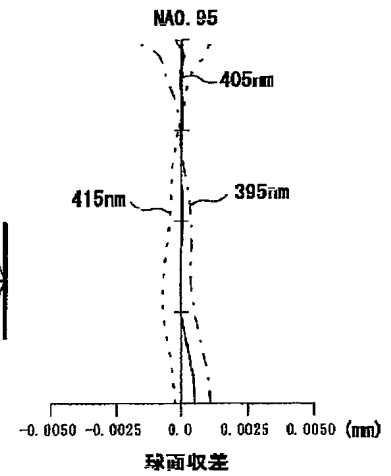


【图11】

实施例 5

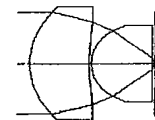
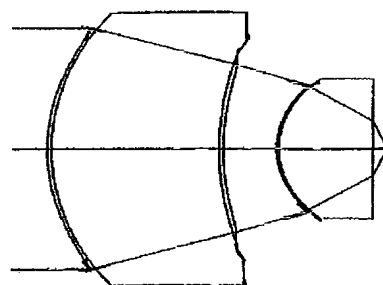


【图13】



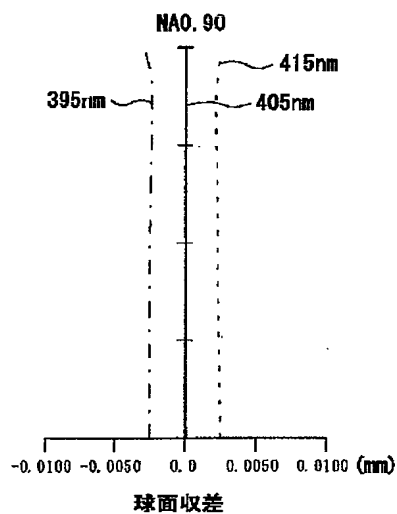
【图23】

实施例 11



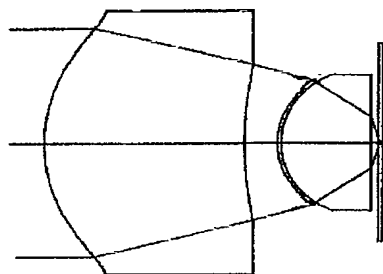
【图14】

实施例6



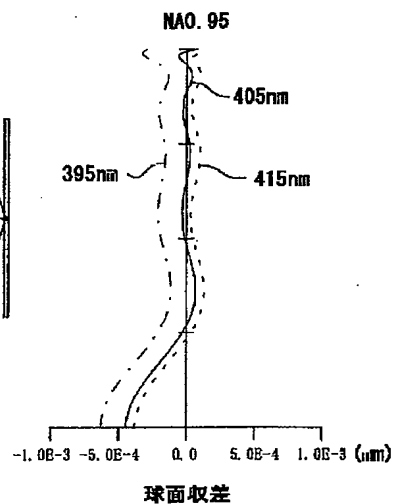
【图15】

实施例7



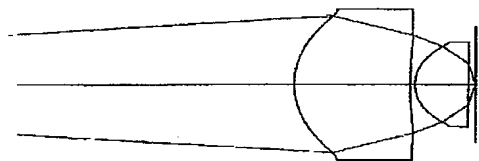
【图16】

实施例7



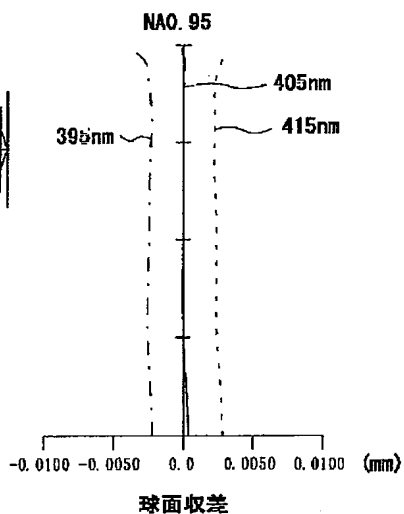
【图17】

实施例8



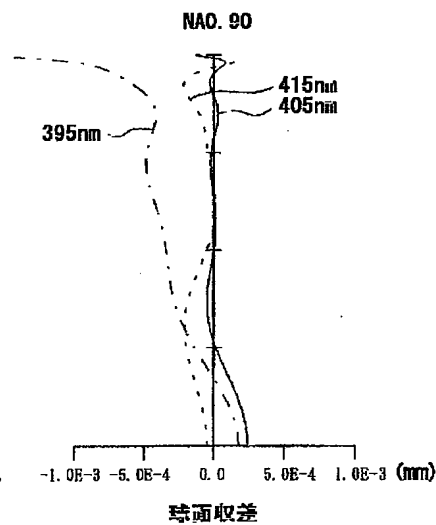
【图18】

实施例8



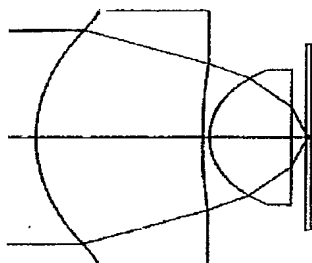
【图20】

实施例9



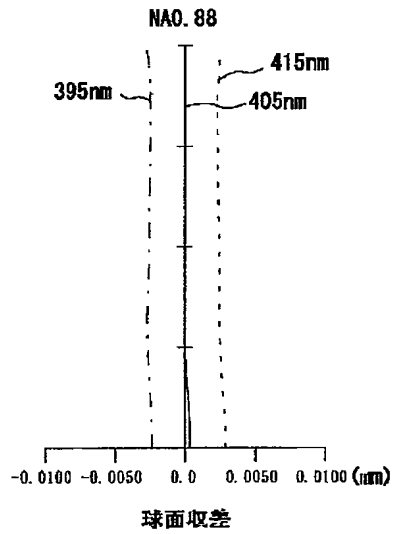
【图21】

实施例10



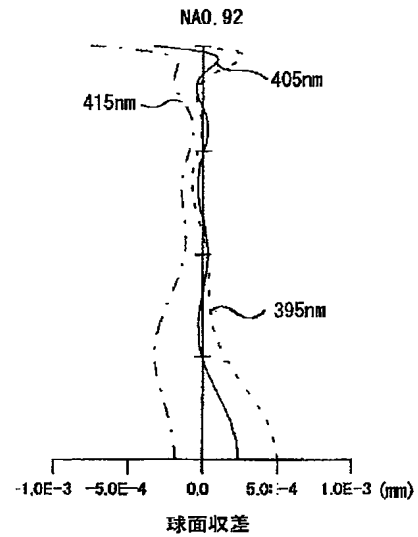
【図22】

実施例10



【図24】

実施例11



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA13 LA01 PA02 PA17 PB02
QA02 QA05 QA12 QA21 QA33
QA41 RA05 RA12 RA34 UA01
5D119 AA01 AA22 AA40 BA01 EC03
JA43 JB01 JB02 JB03 JB04
5D789 AA01 AA22 AA40 BA01 EC03
JA43 JB01 JB02 JB03 JB04